Med 86

Aus der
chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Hamburg
Direktor : Prof. Dr. med. L. Zukschwerdt

Untersuchungen über die Abhängigkeit einzelner spirometrischer Daten von den Körpermaßen und über den arteriellen Sauerstoffdruck bei Kindern.

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg,
vorgelegt von

Gerhard Bryde
aus Hamburg.

Hamburg 1961

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am 7.2.1962
Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Dekan : Professor Dr. Malorny
Referent Priv.Doz. Dr. Rodewald
Korreferent Prof. Dr. Zukschwerdt

Aus der
chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Hamburg
Direktor : Prof. Dr. med. L. Zukschwerdt

Untersuchungen über die Abhängigkeit einzelner spirometrischer Daten von den Körpermaßen und über den arteriellen Sauerstoffdruck bei Kindern.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg,
vorgelegt von
Gerhard Bryde
aus Hamburg.
Hamburg 1961

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung 2

II. Methodik 3

III. Statistik 5

IV. Ergebnisse 9

A. Die Korrelation zwischen spirometrischen Größen und Körpermaßen 11

B. Der arterielle Sauerstoffdruck 31

V. Besprechung der Ergebnisse und Diskussion 32

A. Besprechung der Körpermaße 33

B. Besprechung der spirometrischen Ergebnisse 33

1. Atemfrequenz, Atemhubvolumen und Atem=minutenvolumen 33

2. Vitalkapazität 36

3. Absoluter und relativer Tiffeneauwert 41

4. Atemgrenzwert 42

5. Residualvolumen 46

6. Totalkapazität 47

7. Verhältnis Residualvolumen / Totalkapazit. 48

C. Besprechung des arteriellen Sauerstoffdruckes 49

VI. Zusammenfassung 50

VII. Anhang 52

VIII. Literaturangaben 54

I. Einleitung.

Während atmungsphysiologische Daten und blutgasanalytische Werte gesunder Erwachsener als Grundlage für die Bewertung der Funktionsweise des Respirationstraktes in größerem Umfang vorliegen, sind solche bei Jugendlichen bisher nur in begrenztem Maße publiziert worden, nämlich für die Vitalkapazität (2,3,11,12,16,18,19,20, 21,31,36,37,38,39,43,45,46,48,50,52), das Atemminutenvolumen (11, 14,37,39,48), das Residualvolumen (19,34,35,36,39) und die funktionelle Residualkapazität (26,36,39). Veröffentlichungen über blutgasanalytische Werte bei Jugendlichen liegen unseres Wissens überhaupt nicht vor.

In dieser Arbeit wird über die Ergebnisse spirometrischer und blutgasanalytischer Untersuchungen an 39 Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren berichtet. Die spirometrischen Messgrößen und errechneten Werte werden zu bestimmten Körpermaßen in Beziehung gesetzt (28, 42,43).

II. Methodik.

Es wurden 39 Kinder im Alter von 10 bis 15 Jahren, 28 Jungen, 11 Mädchen untersucht. Die Kinder standen in stationärer Behandlung der chirurgischen Universitätsklinik Hamburg. Sie waren nicht bettlägerig und litten nicht an Erkrankungen, die Atmung oder Kreislauf beeinträchtigten. Alle Kinder befanden sich im altersentsprechenden Entwicklungszustand.

Die Untersuchungen wurden nach halbstündiger Ruhe auf dem Ruhebett und nach Gewöhnung an die Mundstückatmung durchgeführt. Die Kinder waren nicht nüchtern.
Die spirometrischen Werte (Bezeichnung der spirometrischen Werte siehe "Anhang" 1, Tabelle 4, Abbildung 26) wurden bei 15 Kindern mit dem Knipping-Apparat, Aufbaustufe B, bei 24 Kindern mit dem Universalspirometer "Godart" (Pulmotest) gemessen und registriert.
Die Nasenatmung wurde mit einer Klemme ausgeschaltet.
Das Residualvolumen wurde bei 19 Kindern mit der Heliummischmethode bestimmt. Hierzu wurde der Pulmoanalysor "Godart", der auf dem Prinzip der Wärmeleitfähigkeit beruht, verwendet.
Die gemessenen Größen wurden von ATPS (Siehe "Anhang" 2) auf BTPS (Siehe "Anhang" 2) umgerechnet.
Die einzelnen Größen wurden folgendermaßen bestimmt :

Nach 5 Minuten ruhiger Atmung zur Messung der Atemfrequenz und des Atemhubvolumens, aus denen durch Multiplikation das Atemminutenvolumen berechnet wurde, wurde die inspiratorische Vitalkapazität mehrfach gemessen und der größte Wert verwendet.

Anschließend wurde in der üblichen Weise der Tiffeneauwert bestimmt (6, Seite 77 ff., 7,41).

Nach kurzer Pause wurde der Atemgrenzwert zwei- bis dreimal hintereinander gemessen und das größte erreichte Volumen wurde verwertet. Es erwies sich als zweckmäßig, dabei eine Atemfrequenz von 50 bis 60 Atemzügen pro Minute einzuhalten.

Nach einer weiteren Pause von 10 bis 15 Minuten wurde das Residualvolumen bestimmt.

Zur Messung des arteriellen Sauerstoffdruckes wurde in Lokalanaesthesie bei 24 Kindern eine Arteria femoralis punktiert. Unter Luftatmung wurden je 2 Blutproben in heparinisierte Spritzen aufgenommen. Der arterielle Sauerstoffdruck im Blut wurde mit dem Hämoxytensiometer I nach Bartels bestimmt (4,5,8,9,30,40).

Die Messergebnisse wurden in Tabellen zusammengefaßt.

Dann wurde die Korrelation zwischen gemessenen und berechneten spirometrischen Größen einerseits und der Körperoberfläche und der Körperlänge andererseits berechnet und statistisch verwertet (Siehe unter "Statistik").

Die arteriellen Sauerstoffdruckwerte wurden statistisch bearbeitet.

Anhand des gewonnenen Zahlenmaterials (Siehe Tabelle 1) wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen den jeweiligen gemessenen bzw. errechneten spirometrischen Werten und bestimmten Körpermaßen nachzuweisen. Hierzu diente die Korrelationsrechnung, wie sie bei Fisher, Linder, Snedecor, Weber u.a. (13,22,32,33,44,49,51) dargestellt ist. Für die Fälle, für die sich eine Korrelation zwischen atmungsphysiologischen Werten und Körpermaßen ergab, wurde dann die Regressionsgleichung aufgestellt (22,33,44,49). Diese ermöglichte es dann, die Regressionsgerade zu zeichnen, auf der bzw. um die herum im Rahmen der Standardabweichung die Sollwerte der Atmungsgrößen in Abhängigkeit von den jeweils angeführten Körpermaßen liegen.

Der Rechnungsgang soll hier am Beispiel der Vitalkapazität in Abhängigkeit von der Körperoberfläche dargestellt werden.

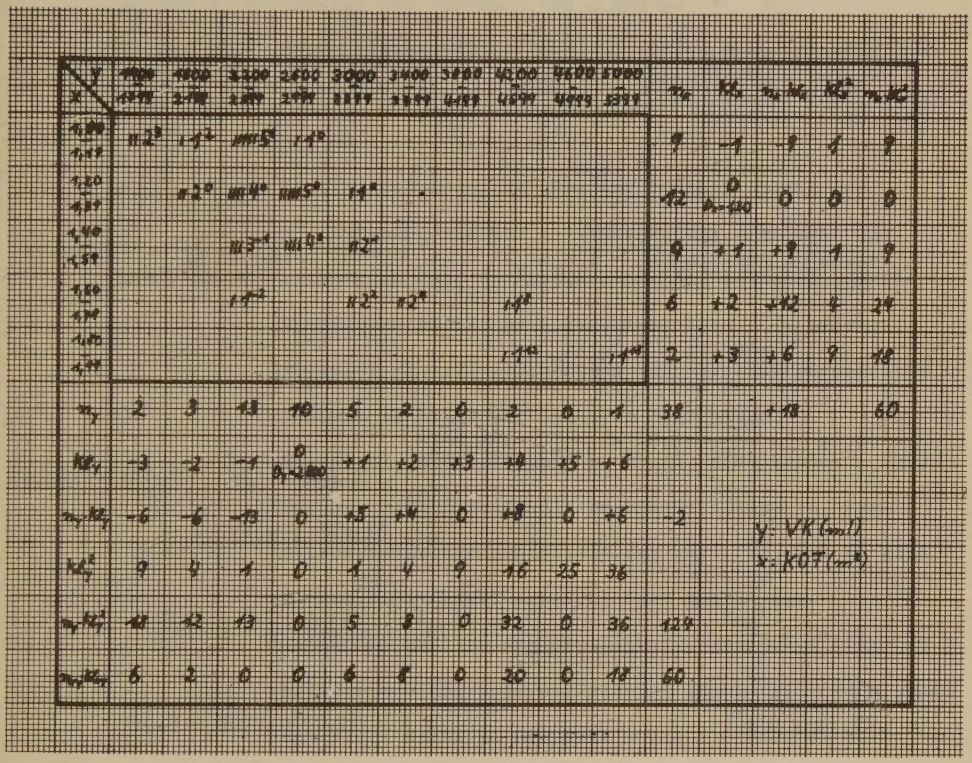


Abbildung 1

Darstellung des Rechnungsganges.

n : Anzahl der einer Klasse zugehörigen Einzelwerte.

Kl : Klasse.

D : Vorläufiger Durchschnitt (von x bzw. y).

$n_{xy} \cdot Kl_{xy}$: Produkt aus Kl_x und Kl_y (hochgestellte Zahlen), multipliziert mit den diesen beiden Werten jeweils zugehörigen Einzelwerten (n_{xy}), spaltenweise summiert.

Rechenvorgang	Beispiel (VK / KOF)
(N : Summe von n_x bzw. n_y, $\{$: Summe (entspricht "Sigma")).	
1. $\bar{x} = D_x + \frac{K_x}{N} (\{n_x Kl_x$	$\bar{x} = 1{,}30 + \frac{0{,}20 \cdot 18}{38} = 1{,}395$
2. $\bar{y} = D_y + \frac{K_y}{N} (\{n_y Kl_y$	$\bar{y} = 2800 + \frac{400 \cdot -2}{38} = 2778{,}95$
3. $s_x^2 = \frac{K_x^2}{N-1} (\{n_x Kl_x^2 - \bar{w}\{n_x Kl_x)$	$s_x^2 = \frac{0{,}04}{37} (60 - \frac{18 \cdot 18}{38}) = 0{,}052$
wobei $\bar{w} = \frac{1}{N} \{n_x Kl_x$	
4. $s_y^2 = \frac{K_y^2}{N-1} (\{n_y Kl_y^2 - \bar{z}\{n_y Kl_y)$	$s_y^2 = \frac{160000}{37} (124 - \frac{4}{38}) = 535740{,}00$
wobei $\bar{z} = \frac{1}{N} \{n_y Kl_y$	
5. $s_{xy} = \frac{K_x \cdot K_y}{N-1} (\{Kl_x Kl_y n_{xy} - \bar{z}\{n_x Kl_x)$	$s_{xy} = \frac{0{,}2 \cdot 400}{37} (60 - \frac{-2 \cdot 18}{38}) = 131{,}65$
6. $b = \frac{s_{xy}}{s_x^2}$	$b = \frac{131{,}65}{0{,}052} = 2531{,}73$
7. $b^+ = \frac{s_{xy}}{s_y^2}$	$b^+ = \frac{131{,}65}{535740{,}00} = 0{,}0002$
8. $B = b \cdot b^+$	$B = 2531{,}73 \cdot 0{,}0002 = 0{,}506$
9. $r = \sqrt{B}$	$r = \sqrt{0{,}506} = 0{,}711$
10. $t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{N-2}$	$t = \frac{0{,}711}{\sqrt{1-0{,}506}} \sqrt{36} = 6{,}068$
11. $X = \bar{x} + b^+ (y - \bar{y})$	$X = 1{,}395 + 0{,}0002 (y - 2778{,}95)$ oder : $X = 0{,}0002y + 0{,}839$
12. $Y = \bar{y} + b (x - \bar{x})$	$Y = 2778{,}95 + 2531{,}73 (x - 1{,}395)$ oder : $Y = 2531{,}73x - 753{,}01$

Die einzelnen Symbole des Rechenvorganges haben folgende Bedeutung :

K_x und K_y : Klassenbreite von x und y.

$\left\{$ (entspr. "Sigma") : Summe der hinter $\left\{$ angeführten Einzelwerte.

D_x und D_y : Vorläufiger Durchschnitt von x und y.

$\bar{x}$ und $\bar{y}$: Errechneter Durchschnitt von x und y.

s_x^2 und s_y^2 : Quadrat der Streuung von x und y.

b und b^+ : Regressionskoeffizienten. Sie geben die durchschnittliche Zunahme von x (bzw. y) bei Zunahme von y (bzw. x) um 1 an.

B : Bestimmtheitsmaß. Es gibt an, welcher Anteil der y - Streuung aus der x - Veränderung erklärbar ist.

b,b^+ und B sagen also aus, ob ein Zusammenhang zwischen quantitativen Merkmals- bzw. Messungsreihen (In unserem Beispiel VK = Vitalkapazität und KOF = Körperpberfläche) besteht im Sinne der linearen Regression.

r : Korrelationskoeffizient, beurteilt nach Fisher (22). Die Korrelation wird als gesichert angesehen, wenn der Korrelationskoeffizient den Wert für eine 99 %ige Wahrscheinlichkeit erreicht oder übersteigt.
r ist ein Maß für die Genauigkeit, mit der X (bzw. Y) mittels der Regressionsgleichung geschätzt werden kann und liegt stets in der Nähe von $\pm$ 1 (Näheres siehe 44).

t : Student'sche t - Verteilung. Sie stellt eine Prüfung der Signifikanz des Korrelationskoeffizienten "r" dar und besagt, ob er - insbesondere wenn nur wenige Messungen seiner Berechnung zugrunde liegen - nur zufällig oder infolge einer gesetzmäßigen Beziehung zwischen den untersuchten Werten von 0 abweicht.
Die Signifikanz wird hier bei einer Sicherheit von 99,9 % oder darüber angenommen.

$X = \bar{x} + b^+ (y - \bar{y})$ und $Y = \bar{y} + b (x - \bar{x})$ sind die Regressionsglei=

chungen. Im Idealfall müßten beide Gleichungen eine Gerade, die Regressionsgerade, ergeben. Das tritt jedoch bei biologischen Messreihen nie ein. Je kleiner der Winkel, den die beiden Regressionsgeraden bilden, ist, um so sicherer ist die Korrelation zwischen den beiden jeweils untersuchten Größen. So veranschaulicht die Darstellung beider Regressionsgeraden das rechnerische Ergebnis.
Für unsere Untersuchungen ist stets nur die zweite (Y-) Regressionsgleichung von Interesse, die aussagt, welche spirometrische Soll - Größe zu einem bestimmten Körpermaß gehört. Die ihr zugehörige Regressionsgerade ist daher in den folgenden Abbildungen ausgezogen, die zur ersten (X-) Regressionsgleichung gehörige Gerade dagegen gestrichelt dargestellt.
Zur Vereinfachung der Rechnung kann die Regressionsgleichung, da $\bar{y}$ und $\bar{x}$ bekannt sind, auch so geschrieben werden :

$$Y = \bar{y} + b\,(x - \bar{x}) \; ; \; Y = ax + c$$

wobei $a = b$, $c = \bar{y} - b\bar{x}$.

IV. Ergebnisse.

In Tabelle 1 (Siehe folgende Seite) sind alle gemessenen und berechneten Untersuchungsgrößen aufgeführt.

Die untersuchten Kinder sind in Tabelle 1 nach der Zunahme der Körperoberfläche geordnet (Nr. 1 - 39). Unter P.n. (Protokoll=nummer) ist die chronologische Reihenfolge der Untersuchungen angegeben. P.n. 1 - 15 wurden mit dem Knipping - Apparat, P.n. 16 - 20 sowohl mit dem Knipping - Apparat als auch mit dem Pulmotestgerät, P.n. 21 - 39 mit dem Pulmotest untersucht. Die in den Fällen P.n. 16 - 20 doppelt ermittelten spirometrischen Werte zeigten eine gute Übereinstimmung. Methodisch bedingte Unterschiede bei den Einzelmessungen konnten auf diese Weise ausgeschlossen werden.

Die Erläuterung der in Tabelle 1 und im Text verwendeten Symbole und Abkürzungen findet sich im Anhang, Abschnitt 1, Tabelle 4 und Abbildung 26. Außerdem werden in Tabelle 1 noch folgende Abkürzungen benutzt :

G. : Geschlecht.

KOF : Körperoberfläche.

m. : männlich.

w. : weiblich.

n : Zahl der Einzelmessungen.

Nr.	Name	G.	Alter (Jhr./ Mon.)	Länge (cm)	Gew. (kg)	KOF (m^2)	P.N.	AF	AV (ml)	AMV (L/ Min.)	VK (ml)	Tiff. abs. (ml)	Tiff. rel. (%VK)	AGW (L)	RV (ml)	TK (ml)	p O_2a (mm Hg)	RV/TK (%)	Nr.
1	Kö,R.	m.	10/9	133	28,1	1,02	8	21	466	9,8	1953	1531	77,0	45,0	--	--	106-111	--	1
2	Schm,H.	m.	9/7	130	29,4	1,04	23	30	198	6,0	1522	1055	69,3	34,4	--	--	92	--	2
3	Bo,G.	m.	10/0	138	30,2	1,08	2	23	226	5,2	1606	--	--	43,6	--	--	--	--	3
4	Ri,R.	w.	11/2	143	30,0	1,12	24	19	395	7,5	2423	1923	79,0	91,0	726	3149	97-103	23,0	4
5	Ru,H.	w.	13/10	143	32,1	1,14	3	22	125	3,6	2269	--	--	58,6	--	--	77	--	5
6	Me,J.H.	m.	13/1	143	31,5	1,14	16	24	439	10,5	--	--	--	--	--	--	84	--	6
7	Me,K.H.	m.	12/2	142	34,1	1,17	19	16	382	6,1	2458	1777	73,0	55,4	807	3265	78	24,7	7
8	Rö,K.W.	m.	11/11	145	32,9	1,17	21	13	383	4,9	2968	2120	71,4	62,5	629	4226	94-102	17,5	8
9	Sta,W.	m.	10/10	140	34,7	1,17	30	33	234	8,3	2223	1998	90,0	59,6	725	2948	86-94	24,6	9
10	Te,H.	m.	10/11	145	32,5	1,17	26	19	284	5,4	2396	2366	99,0	42,6	533	2929	110-118	18,2	10
11	Str,G.	m.	9/6	150	33,9	1,22	20	19	232	4,4	2108	1713	81,0	49,4	697	2805	96-100	24,8	11
12	Fi,W.	m.	10/11	154	34,3	1,24	32	26	399	10,4	2711	2329	85,9	79,3	693	3405	--	20,4	12
13	Gn,W.	m.	11/5	149	36,0	1,24	37	17	300	5,1	3011	2135	70,9	59,1	460	3471	--	13,3	13
14	Re,J.	m.	9/7	145	40,3	1,26	9	20	289	5,8	2093	1514	72,0	32,1	--	--	--	--	14
15	Fe,K.	m.	11/11	151	36,9	1,26	15	14	436	6,1	2226	1637	73,5	51,2	---	--	82-89	--	15
16	Ko,M.	m.	11/4	146	39,4	1,27	25	23	297	6,8	2966	2329	79,0	58,6	503	3469	96-103	14,5	16
17	Ke,K.J.	m.	11/6	154	37,0	1,28	13	20	310	6,2	2578	2325	90,2	61,9	--	--	--	--	17
18	Schw,W.	m.	14/7	143	42,8	1,30	35	23	532	12,3	2813	2203	79,0	47,7	797	3585	78	23,3	18
19	We,B.	w.	12/0	158	38,2	1,32	5	18	245	4,4	2269	1690	74,5	50,9	--	--	--	--	19
20	Gl,S.	w.	12/10	157	41,4	1,37	22	14	492	6,9	2854	2244	79,0	64,2	--	--	79-82	--	20
21	Ba,B.	m.	13/8	153	44,1	1,38	12	24	328	7,9	2555	2380	93,0	52,7	--	--	--	--	21
22	Mü,J.	m.	12/4	147	48,2	1,39	18	17	326	5,5	2988	2509	84,0	60,2	326	3314	98-105	10,0	22
23	Scha,H.	m.	13/3	155	44,7	1,40	1	19	447	8,5	2598	--	--	67,8	--	--	92	--	23
24	Schü,H.D.	m.	11/8	147	50,0	1,42	34	19	256	4,9	2347	1779	75,8	45,8	865	3211	--	27,0	24
25	Sü,R.	w.	12/2	147	5353	1,45	38	8	490	4,0	2836	2243	79,0	65,2	1477	4313	106-110	34,3	25
26	Schm,H.J.	m.	12/7	161	45,8	1,46	7	17	329	5,6	2654	2127	80,0	59,7	--	--	84	--	26
27	Be,U.	w.	13/1	154	50,6	1,46	36	20	288	5,8	2690	2081	77,4	64,3	529	3219	90-92	16,4	27
28	Fr,M.	w.	12/11	161	49,o	1,50	14	18	285	5,1	2544	2171	85,0	41,8	--	--	--	--	28
29	Sta,G.	m.	14/7	171	44,0	1,50	17	18	434	8,3	3150	2346	74,5	49,0	--	--	88	--	29
30	Str,A.	w.	14/5	156	57,0	1,58	6	19	373	7,1	3136	1382	44,0	39,2	--	--	90	--	30
31	He,Chr.	w.	14/11	166	53,0	1,58	39	24	263	6,3	2530	1767	69,8	52,7	261	2790	72-77	9,3	31
32	Ut,D.	m.	15/5	177	48,8	1,60	11	19	328	6,2	4411	3930	89,0	--	--	--	--	--	32
33	Ko,H.	m.	14/9	171	53,7	1,62	29	19	325	6,2	3732	2887	77,3	80,0	1119	4851	90-100	23,1	33
34	Wi,H.J.	m.	13/8	167	58,7	1,66	31	25	453	11,3	3681	3050	83,0	91,2	1377	5058	--	27,2	34
35	Th,I.	w.	12/2	166	59,4	1,66	4	17	218	3,7	2487	--	--	43,2	--	--	110-117	--	35
36	Scha,W.	m.	14/7	172	57,9	1,68	33	17	520	8,8	3372	2963	88,0	79,8	--	--	--	--	36
37	Th,U.	w.	13/4	164	65,0	1,71	27	18	322	5,8	3228	2529	78,0	83,3	870	4098	--	21,2	37
38	Be,K.	m.	15/0	180	61,8	1,80	28	22	444	9,9	5292	3592	67,9	69,8	2083	7375	--	28,2	38
39	Ma,K.	m.	15/0	183	74,0	1,96	10	24	423	10,2	4250	2192	50,0	94,7	--	--	--	--	39
n (Zahl der Einzelmessungen) :								39	39	39	38	34	34	37	19	19	24	19	

Tabelle 1

Übersicht über alle gemessenen und berechneten spirometrischen und blut=gasanalytischen Werte. Erläuterung der Symbole und Abkürzungen siehe Anhang 1 und Seite 9.

A. Die Korrelation zwischen spirometrischen Größen und Körpermaßen.

(In Klammern hinter dem Korrelationskoeffizienten "r" und der Student'schen t - Verteilung stehen jeweils die Zahlen, die für eine 99 %ige Wahrscheinlichkeit (r) bzw. 99,9 %ige Sicherheit (t) erreicht werden müssen).

1. Die Korrelation zwischen Atemfrequenz und Körperoberfläche.

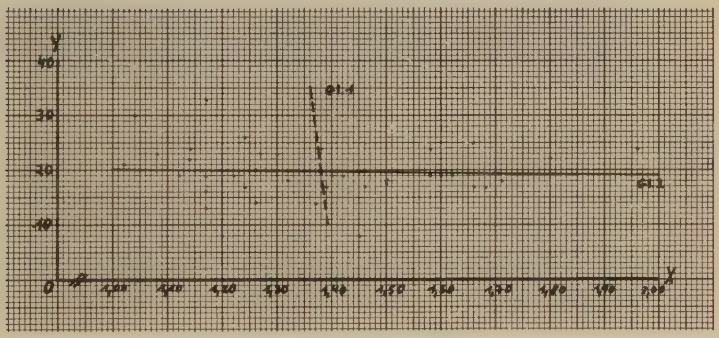


Abbildung 2

(X : KOF in m^2 ; Y : AF, Atemzüge pro Minute. Gl.: Gleichung) 39 Fälle.

Gl. 1 : $X = -0{,}001y + 1{,}396$.

Gl. 2 : $Y = -0{,}67x + 20{,}55$.

$r = 0{,}003$ (0,44) .

$t = 0{,}018$ (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Ein linearer Zusammenhang zwischen Atemfrequenz und Körperoberfläche läßt sich nicht nachweisen.

2. Die Korrelation zwischen Atemfrequenz und Körperlänge.

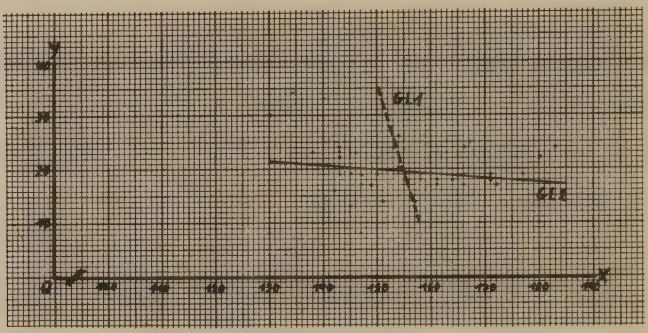


Abbildung 3

(X : KL in cm ; Y : AF, Atemzüge pro Minute. Gl.: Gleichung)
39 Fälle.

Gl. 1 : X = -0,31y + 161,00 .

Gl. 2 : Y = -0,08x + 20,60 .

r = 0,158 (0,44) .

t = 0,97 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Zwischen Atemfrequenz und Körperlänge besteht keine lineare Beziehung.

3. Die Korrelation zwischen Atemhubvolumen und Körperoberfläche.

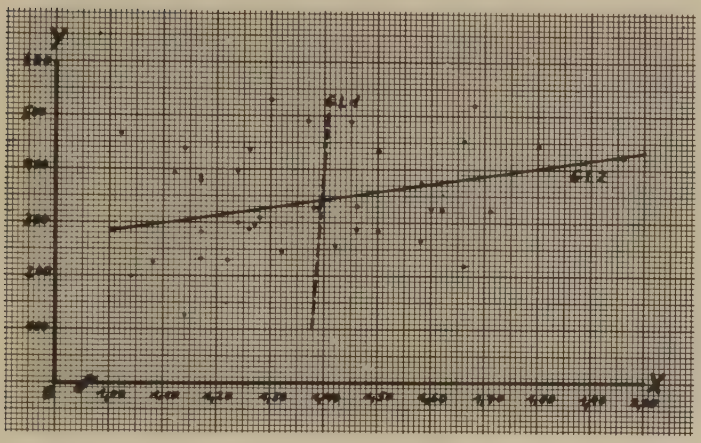


Abbildung 4

(X : KOF in m^2 ; Y = AV in ml . Gl.: Gleichung)

39 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,00007y + 1,37 .

Gl. 2 : Y = 147,78x + 139,46 .

r = 0,10 (0,44) .

t = 0,62 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen Atemhubvolumen und Körperober= fläche.

4. Die Korrelation zwischen Atemhubvolumen und Körperlänge.

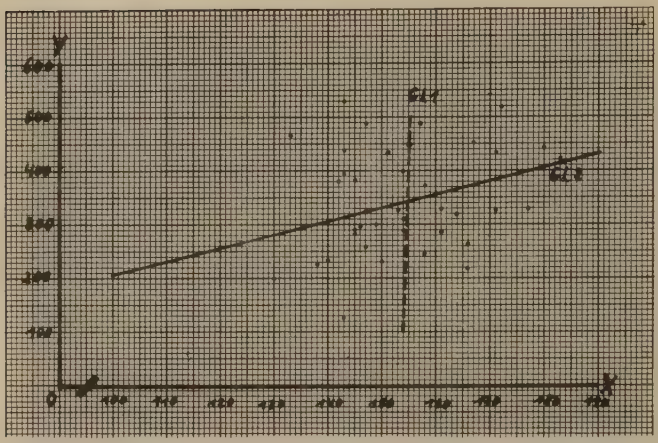


Abbildung 5

(X : KL in cm ; Y : AV in ml. Gl.: Gleichung)

39 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,004y + 153,62 .

Gl. 2 : Y = 2,52x - 45,73 .

r = 0,1 (0,44) .

t = 0,62 (3,66)

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Zwischen dem Atemhubvolumen und der Körperlänge besteht keine lineare Beziehung.

5. Die Korrelation zwischen Atemminuten= volumen und Körperoberfläche.

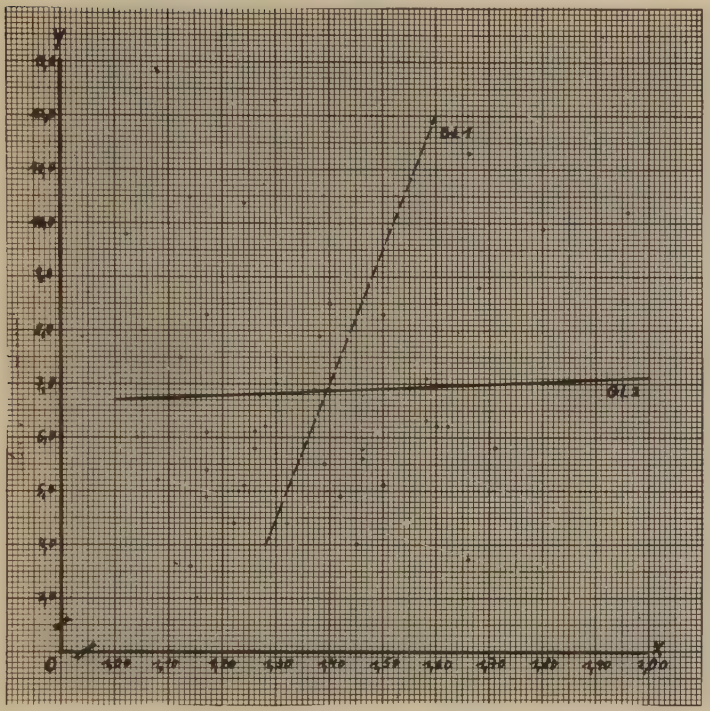


Abbildung 6

(X : KOF in m^2 ; Y : AMV in L/Min. Gl.: Gleichung)

39 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,04y + 1,12 .

Gl. 2 : Y = 0,37x + 6,34 .

r = 0,12 (0,44) .

t = 0,73 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Es ist kein ein= facher Zusammenhang zwischen Atemminutenvolumen und Körperober= fläche festzustellen.

6. Die Korrelation zwischen Atemminuten= volumen und Körperlänge.

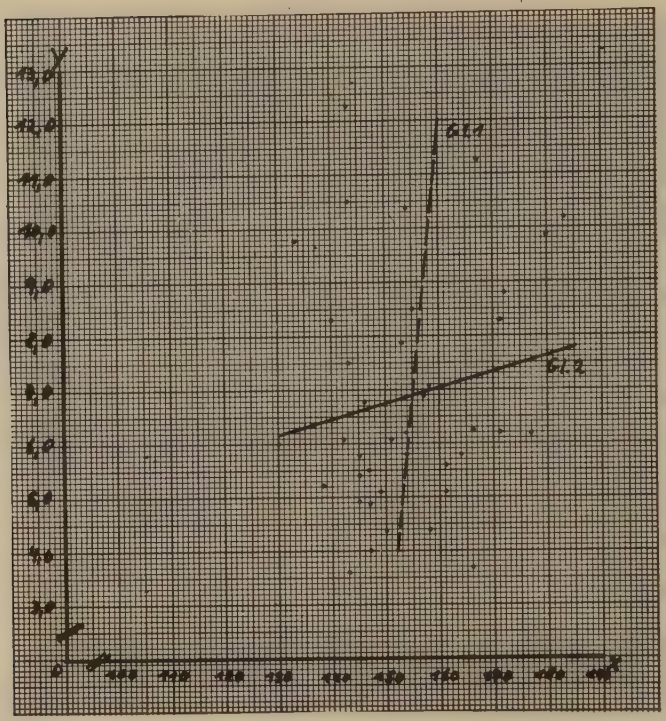


Abbildung 7

(X : KL in cm ; Y : AMV in L/Min. Gl.: Gleichung).

39 Fälle.

Gl. 1 : $X = 0{,}96y + 148{,}38$.

Gl. 2 : $Y = 0{,}03x + 2{,}25$.

$r = 0{,}17$ (0,44) .

$t = 1{,}05$ (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Eine lineare Beziehung zwischen dem Atemminutenvolumen und der Körperlänge besteht nicht.

7. Die Korrelation zwischen der Vitalkapazität und der Körperoberfläche.

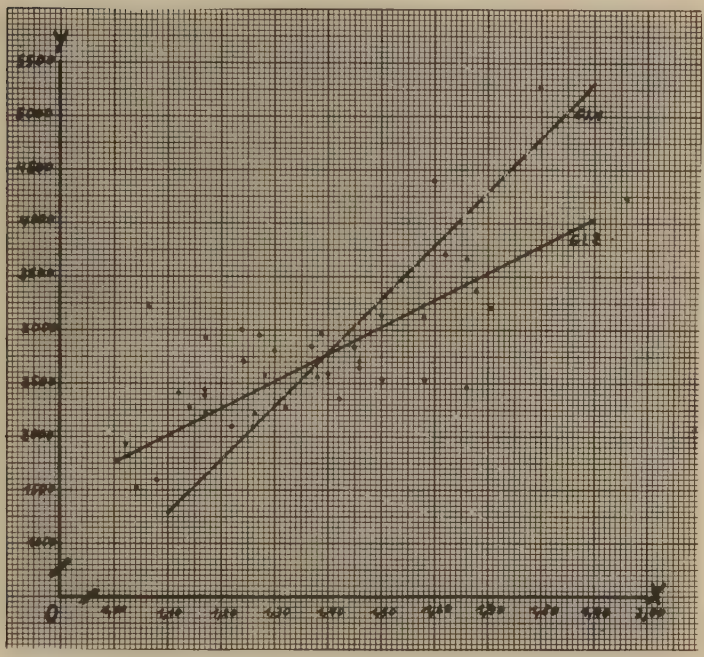


Abbildung 8

(X : KOF in m^2 ; Y : VK in ml. Gl.: Gleichung).

38 Fälle.

Gl. 1 : $X = 0{,}0002y + 0{,}84$.

Gl. 2 : $Y = 2531{,}73x - 765{,}47$.

$r = 0{,}711$ (0,44) .

$t = 6{,}07$ (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch gesichert. Es besteht eine li= neare Beziehung zwischen der Vitalkapazität und der Körperober= fläche. Sie findet ihren Ausdruck in den Gleichungen 1 und 2.

8. Die Korrelation zwischen Vitalkapazität und Körperlänge.

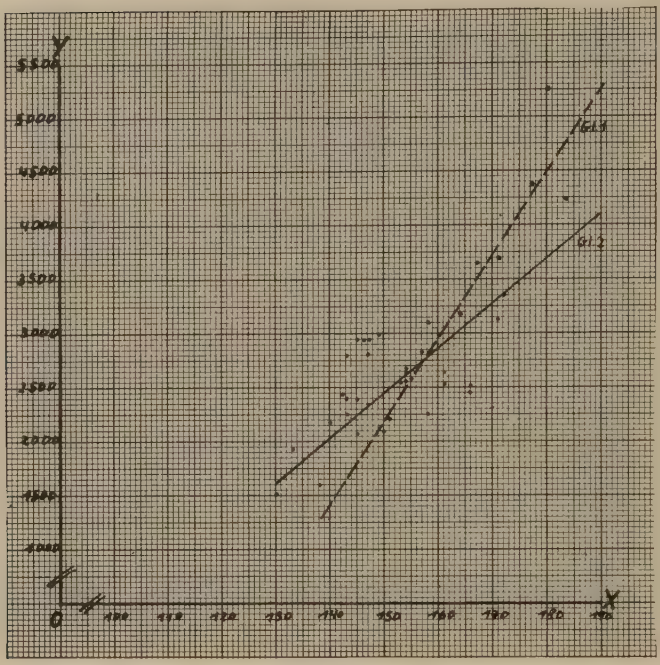


Abbildung 9

(X : KL in cm ; Y : VK in ml. Gl.: Gleichung).

38 Fälle.

Gl. 1 : $X = 0{,}013y + 121{,}50$.

Gl. 2 : $Y = 41{,}94x - 3832{,}05$.

$r = 0{,}74$ (0,44) .

$t = 6{,}56$ (3,66) .

Die Korrelation zwischen der Vitalkapazität und der Körperlänge ist statistisch gesichert. Zwischen diesen beiden Größen besteht ein linearer Zusammenhang entsprechend Gleichung 1 und 2.

9. Die Korrelation zwischen absolutem Tiffeneau=
wert und Körperoberfläche.

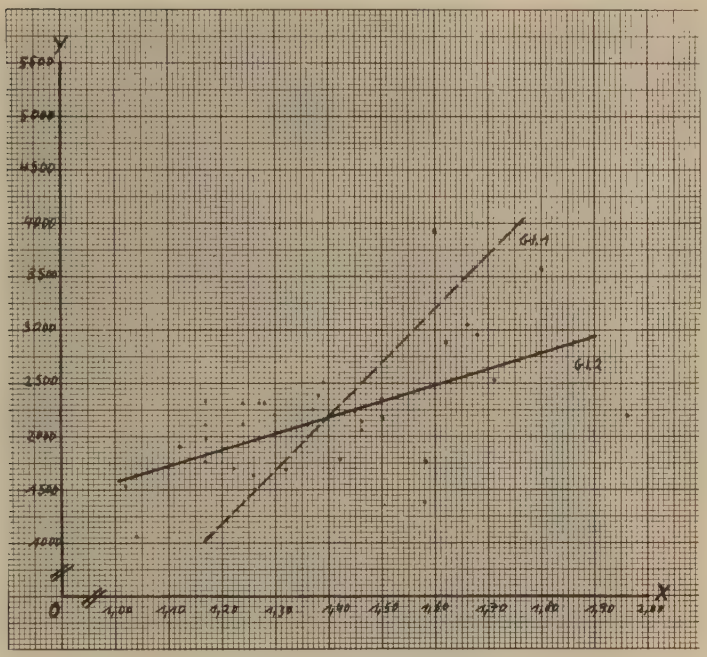


Abbildung 10

(X : KOF in m^2 ; Y : Absol.Tiffeneau in ml. Gl.: Gleichung).
34 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,0002y + 0,96 .

Gl. 2 : Y = 1562 ,22x - 10,64 .

r = 0,56 (0,45) .

t = 3,94 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch gesichert. Es besteht eine line=
are Beziehung zwischen dem absoluten Tiffeneauwert und der Kör=
peroberfläche gemäß den Gleichungen 1 und 2.

10. Die Korrelation zwischen absolutem Tiffeneauwert und Körperlänge.

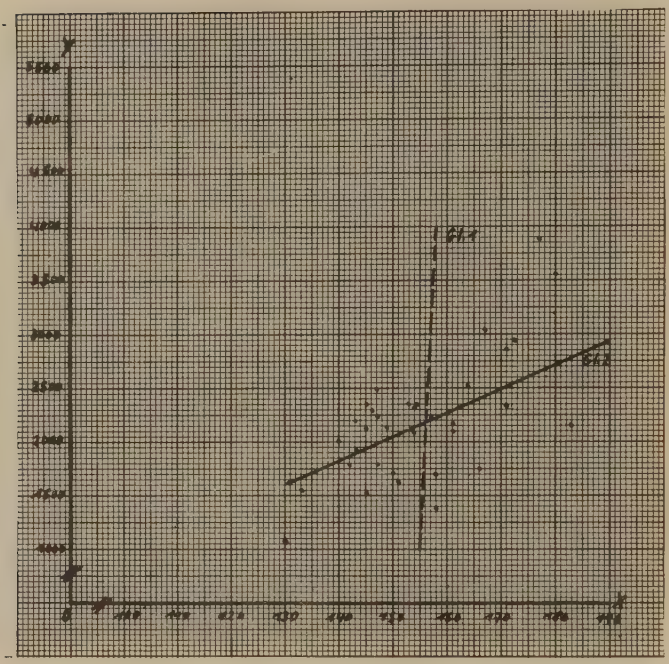


Abbildung 11

(X : KL in cm ; Y : Absol.Tiffeneau in ml. Gl.: Gleichung).
34 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,001y + 153,69 .

Gl. 2 : Y = 22,25x - 1280,09 .

r = 0,15 (0,45) .

t = 0,86 (3,66) .

Die Korrelation zwischen absolutem Tiffeneauwert und Körperlänge ist statistisch nicht gesichert. Eine einfache Beziehung zwische beiden Größen konnte hier nicht nachgewiesen werden.

11. Die Korrelation zwischen relativem Tiffeneau=

wert und Körperoberfläche.

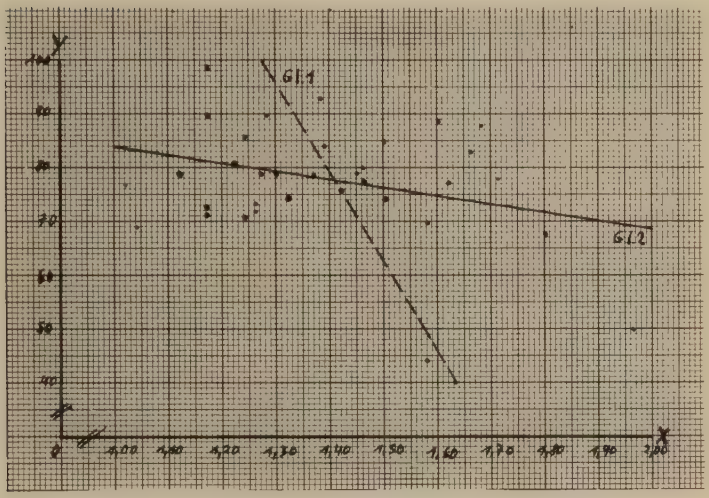


Abbildung 12

(X : KOF in m^2 ; Y : Relat.Tiffeneau in % der VK!

Gl.: Gleichung).

34 Fälle.

Gl. 1 : X = -0,006y + 1,87 .

Gl. 2 : Y = -15,33x + 99,11 .

r = 0,30 (0,45) .

t = 1,78 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Es besteht keine lineare Beziehung zwischen dem relativen Tiffeneauwert und der Körperoberfläche.

12. Die Korrelation zwischen relativem Tiffeneau=

wert und Körperlänge.

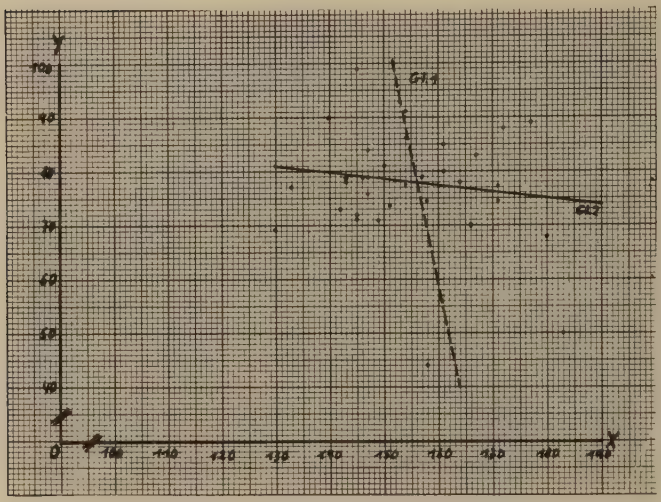


Abbildung 13

(X : KL in cm ; Y : Relat.Tiffeneau in % der VK .

Gl.: Gleichung) .

34 Fälle.

Gl. 1 : X = -0,19y+ 170,69 .

Gl. 2 : Y = -0,12x+ 96,65 .

r = 0,15 (0,45) .

t = 0,86 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Ein linearer Zusammenhang zwischen dem relativen Tiffeneauwert und der Körperlänge besteht nicht.

13. Die Korrelation zwischen Atemgrenzwert

und Körperoberfläche.

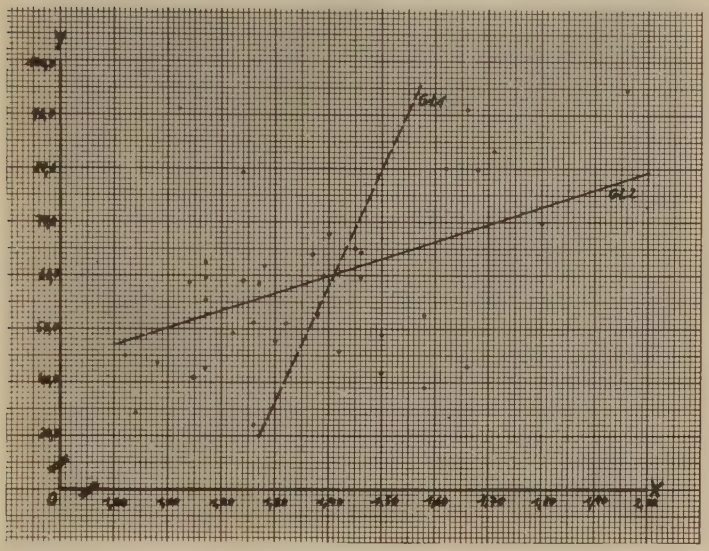


Abbildung 14

(X : KOF in m^2 ; Y : AGW in L. Gl.: Gleichung).

37 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,005y + 1,09 .

Gl. 2 : Y = 33,06x + 13,85 .

r = 0,41 (0,44) .

t = 2,63 (3,66) .

Die Korrelation ist statistisch nur zu etwa 99,85 % gesichert. Eine lineare Beziehung zwischen dem Atemgrenzwert und der Kör= peroberfläche konnte an dem hier bearbeiteten Material nicht mit der erforderlichen Sicherheit (99,9 %) nachgewiesen werden.

14. Die Korrelation zwischen Atemgrenzwert und Körperlänge.

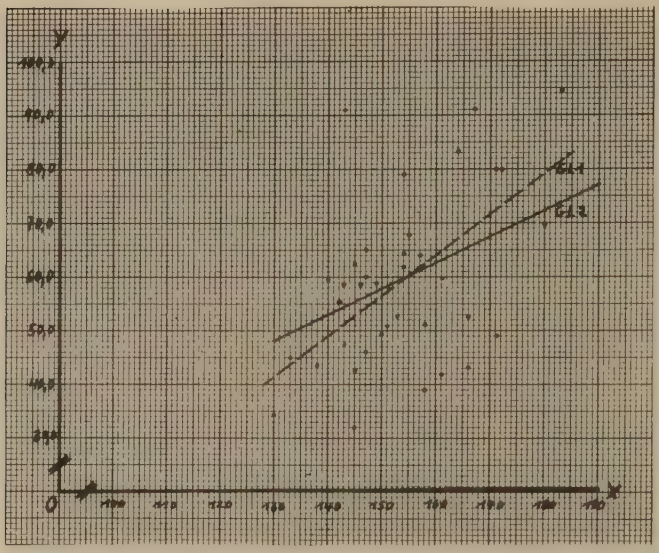


Abbildung 15

(X : KL in cm ; Y : AGW in L. Gl.: Gleichung).

37 Fälle.

Gl. 1 : $X = 1{,}53y + 74{,}66$.

Gl. 2 : $Y = 0{,}49x + 15{,}62$.

$r = 0{,}81$ ($0{,}44$) .

$t = 8{,}03$ ($3{,}66$) .

Die Korrelation ist statistisch gesichert. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen dem Atemgrenzwert und der Körperlänge, der seinen Ausdruck in den Regressionsgleichungen und Regressionsgeraden findet.

15. Die Korrelation zwischen Residualvolumen und Körperoberfläche.

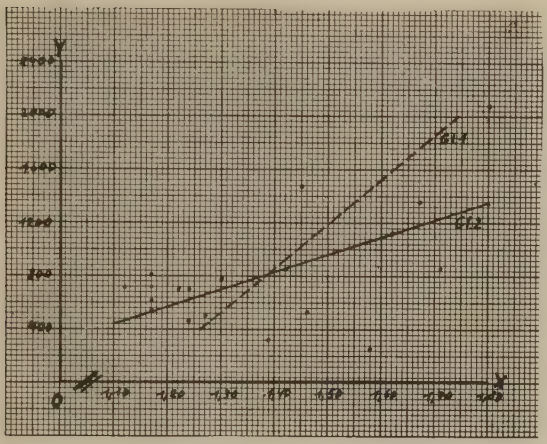


Abbildung 16

(X : KOF in m^2 ; Y : RV in ml. Gl.: Gleichung).

19 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,0003y + 1,139 .

Gl. 2 : Y = 1271,70x - 954,24 .

r = 0,62 (0,58) .

t = 3,24 (4,05) .

Die Korrelation ist mit 99,85 % nur schwach gesichert. Eine lineare Beziehung zwischen dem Residualvolumen und der Körperoberfläche konnte nicht mit der erforderlichen Sicherheit nachgewiesen werden (99,9 %).

16. Die Korrelation zwischen Residual= volumen und Körperlänge.

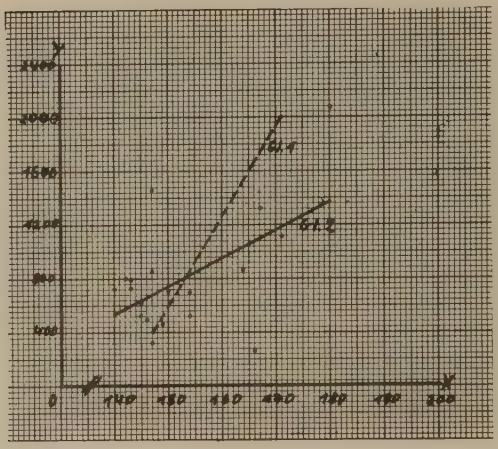


Abbildung 17

(X : KL in cm ; Y : RV in ml. Gl.: Gleichung).

19 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,015y + 141,08 .

Gl. 2 : Y = 20,89x- 2389,15 .

r = 0,56 (0,58) .

t = 2,79 (4,05) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Eine lineare Beziehung zwischen dem Residualvolumen und der Körperlänge konnte hier (98 %) nicht mit der erforderlichen Sicherheit (99,9 %) nachgewiesen werden.

17. Die Korrelation zwischen Totalkapazität und Körperoberfläche.

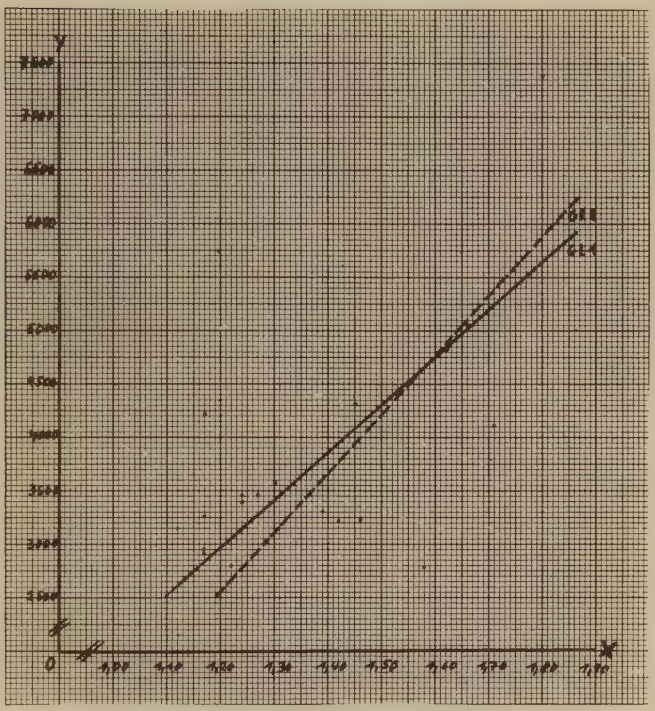


Abbildung 18

(X : KOF in m^2 ; Y : TK in ml. Gl.: Gleichung).

19 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,0002y + 0,628 .

Gl. 2 : Y = 4475,1x - 2414,39 .

r = 0,95 (0,58) .

t = 16,96 (4,05) .

Die Korrelation ist statistisch gesichert. Es besteht eine li= neare Beziehung zwischen der Totalkapazität und der Körperober= fläche entsprechend den Gleichungen 1 und 2 .

18. Die Korrelation zwischen Total=
kapazität und Körperlänge.

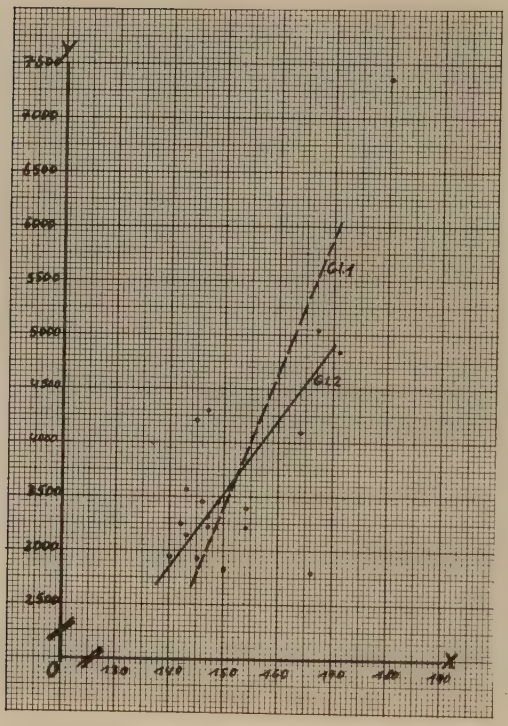


Abbildung 19

(X : KL in cm ; Y : TK in ml. Gl.: Gleichung).
19 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,008y + 123,19 .

Gl. 2 : Y = 68,23x - 6688,90 .

r = 0,74 (0,58) .

t = 4,71 (4,05) .

Die Korrelation ist statistisch gesichert. Es besteht eine li=
neare Beziehung zwischen der Toralkapazität und der Körperlänge
entsprechend Gleichung 1 und 2.

19. Die Korrelation zwischen Verhältniswert Residualvolumen / Totalkapazität und Körperoberfläche.

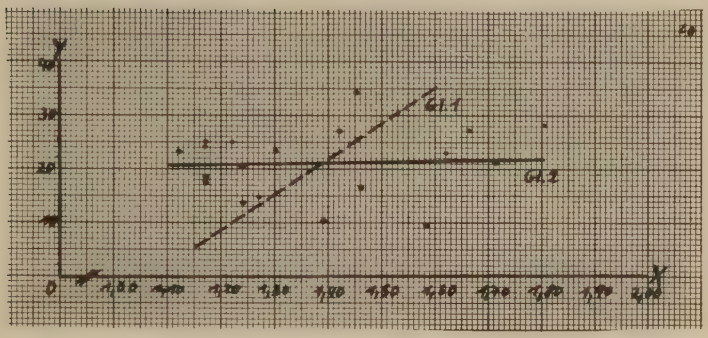


Abbildung 20

(X : KOF in m^2 ; Y : RV/TK in %. Gl.: Gleichung).

19 Fälle.

Gl. 1 : X = 0,015y + 1,07 .

Gl. 2 : Y = 1,14x + 19,09 .

r = 0,41 (0,58) .

t = 2,22 (4,05) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Es besteht keine lineare Beziehung zwischen dem prozentualen Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität (= RV/TK) und der Körperoberfläche.

20. Die Korrelation zwischen Verhältniswert Residualvolumen / Totalkapazität und Körperlänge.

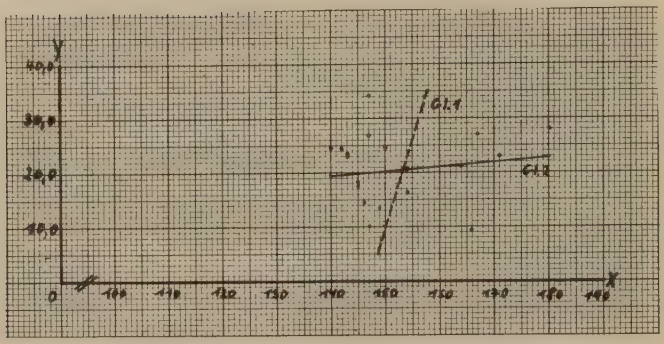


Abbildung 21

(X : KL in cm ; Y : RV/TK in %. Gl.: Gleichung).

19 Fälle.

Gl. 1 : $X = 0{,}31y + 147{,}02$.

Gl. 2 : $Y = 0{,}08x + 18{,}39$.

$r = 0{,}16$ ($0{,}58$) .

$t = 0{,}66$ ($4{,}05$) .

Die Korrelation ist statistisch nicht gesichert. Es besteht kein linearer Zusammenhang zwischen dem prozentualen Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität (= RV/TK) und der Körperlänge.

B. Der arterielle Sauerstoffdruck.

Aus den Einzelwerten der Sauerstoffdruckmessung im arteriellen Blut wurde der Mittelwert berechnet ($\bar{x}$) und die Standardabweichung (s) ermittelt nach folgender Gleichung (13) :

$$s^2 = \frac{s\,(x - \bar{x})^2}{n - 1} \quad .$$

Danach ergibt sich :

$$\bar{X} = 92{,}50 \text{ mm Hg} \quad .$$

$$s^2 = \frac{3012{,}25}{23} = 130{,}97 \quad .$$

$$s = \pm\, 11{,}4 \quad .$$

Der Mittelwert des Sauerstoffdruckes im arteriellen Blut ($P_{O_2}a$) beträgt also 92,5 mm Hg mit einer Standardabweichung von $\pm$ 11,4 mm Hg, das entspricht 12,3 % des Mittelwertes.

V. Besprechung

der Ergebnisse und Diskussion .

Die Untersuchungen haben ergeben, daß - unter der Voraussetzung, sie nur bei einer Sicherheit von mindestens 99,9 % nach der Student'schen t - Verteilung (p kleiner oder = 0,01) anzuerkennen - keine Korrelation besteht zwischen:

Atemfrequenz und KOF bzw. KL (p größer als 0,2),

Atemhubvolumen und KOF bzw.KL (p größer als 0,5),

Atemminutenvolumen und KOF bzw.KL (p größer als 0,3),

absolutem Tiffeneauwert und KL (p größer als 0,4),

relativem Tiffeneauwert und KOF bzw.KL (p größer als 0,2),

Verhältniswert Residualvolumen / Totalkapazität und KOF bzw. KL (p größer als 0,2).

Eine statistisch schwach gesicherte Korrelation ergibt sich zwischen :

Atemgrenzwert und KOF (p kleiner als 0,2),

Residualvolumen und KOF bzw.KL (p = 0,015 bzw.kleiner als 0,2) .

Eine statistisch gesicherte Korrelation besteht zwischen :

Vitalkapazität und KOF bzw. KL :

$Y = 2532x - 765$. x = KOF (m^2).

$Y = 42x - 3832$. x = KL (cm).

absolutem Tiffeneauwert und KOF :

$Y = 1562x - 11$. x = KOF (m^2).

Atemgrenzwert und KL :

$Y = 0,5x + 16$. x = KL (cm).

Totalkapazität und KOF bzw. KL :

$Y = 4475x - 2414$. x = KOF (m^2).

$Y = 68x - 6689$. x = KL (cm).

A. Besprechung der Körpermaße.

Als Bezugsgröße kamen Alter, Gewicht, Körperlänge und Körperoberfläche in Betracht. Das Alter entfällt als Bezugsgröße von vorneherein, da es nur eine sehr lose Beziehung zu atmungsphysiologischen Daten aufweist (6,19,20,36,38,43,48). In der vorliegenden Arbeit wurden Körperlänge und Körperoberfläche - in die das Körpergewicht mit eingeht - benutzt, weil sie als Bezugsgrößen erfahrungsgemäß die relativ engsten Beziehungen zu atmungsphysiologischen Daten erkennen lassen (17,18,50).
Die Körperoberfläche bestimmten wir mit dem Nomogramm von Dubois und Dubois (15) aus Körpergewicht und Körperlänge.

B. Besprechung der spirometrischen Ergebnisse.

1. Atemfrequenz, Atemhubvolumen, Atemminutenvolumen.

Bei 39 Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren fand sich keine Korrelation zwischen Atemfrequenz, Atemhubvolumen und Atemminutenvolumen einerseits und Körpermaßen andererseits. Als Ursache hierfür sind a/ besondere biologische Verhältnisse oder b/ methodische Fehler zu diskutieren.

Die Atemfrequenz beträgt bei den hier untersuchten Kindern 20 Atemzüge pro Minute im Mittel (Streuungsbreite 8 bis 33 Atemzüge pro Minute). Dies stimmt mit den Ergebnissen anderer Autoren überein. So findet Dönhardt (14), der Mittelwerte nach verschiedenen Autoren angibt, zwischen 10 und 15 Jahren eine Abnahme der Atemfrequenz von 21 auf 19 Atemzüge pro Minute bei einer sehr großen Streuungsbreite, Robinson (39) die gleiche Abnahme, aber von 17,8 auf 15,4 Atemzüge pro Minute bei einer Streuungsbreite von 11 bis 21. Nach den eigenen Befunden und denen der angeführten Autoren ist also in dem angegebenen Alterszeitraum eine wesentliche Änderung der Atemfrequenz nicht zu erwarten.

Der Mittelwert des Atemhubvolumens beträgt bei den hier untersuchten Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren 345 ml (Streuung 125 bis 532 ml). Er liegt damit etwas niedriger als der von Turner und McLean (48) bei 19 Kindern (388 ml). Robinson (39) findet dagegen den beträchtlich höheren Durchschnittswert von 455 ml. Der Grund dafür läßt sich nicht erkennen, zumal bei Robinson nähere Angaben über die Untersuchungsmethoden fehlen. Sein Wert entspricht annähernd dem von Erwachsenen. Eine Korrelation zwischen dem Atemhubvolumen und den Körpermaßen war von vorneherein nicht zu erwarten, einmal wegen der erheblichen Streuung der Einzelwerte, zum anderen wegen der unter den Untersuchungsbedingungen sicher bestehenden Hyper- bzw. Hypoventilation, schließlich auch deswegen nicht, weil schon die Atemfrequenz eine breite Streuung aufwies, was sicherlich nicht ohne Einfluß auf die Größe des Atemhubvolumens bleiben kann.

Da das Atemminutenvolumen sich als Produkt aus Atemfrequenz und Atemhubvolumen ergibt, müssen die oben angestellten Überlegungen hier sinngemäß gelten und eine Korrelation zu den Körpermaßen auch hier als unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Auf Einzelheiten über die Größe des anatomischen u. funktionellen Totraumes, seine Änderungen im Kindesalter und seinen Anteil am Atemminutenvolumen kann nicht eingegangen werden, da diese Größen hier nicht gemessen wurden. Andererseits muß das Atemminutenvolumen eine Funktion des Gaswechsels sein und demzufolge müßte mit fortschreitendem Wachstum und dadurch zunehmendem Sauerstoffverbrauch auch das Atemminutenvolumen ansteigen. Wenn man den Sauerstoffverbrauch nach Boothby, Berkson und Dunn (10) aus dem Grundumsatz normaler Kinder in Abhängigkeit von Körperlänge und Körpergewicht bei entsprechendem Alter berechnet, dann erhält man zum Beispiel für Knaben im Alter von 9 - 15 Jahren folgende in Tabelle 2 angegebenen Werte :

Alter (Jhr)	Gewicht (kg)	Länge (cm)	KOF (m^2)	$\dot{V}O_2$ (L)	% von $\bar{x}$
9	29,9	136	1,07	0,185	87
10	32,6	140	1,13	0,188	89
11	35,2	144	1,20	0,194	92
12	38,3	150	1,28	0,205	97
13	42,0	155	1,36	0,216	102
14	48,8	163	1,50	0,238	112
15	54,5	168	1,62	0,257	121

$\bar{x} = 0,212$

$\bar{x}_{9-15} = 0,212 \pm 20\ \%$

Tabelle 2

Sauerstoffverbrauch ($\dot{V}O_2$) berechnet aus dem Grundumsatz normaler Knaben in Abhängigkeit von Körperlänge und Körpergewicht bei entspr. Alter.
(Nach Boothby e.a.(10))

Man sieht, daß der Mittelwert des Sauerstoffverbrauches 212 ml beträgt (Streuung 185 bis 257 ml). In der letzten Spalte der Tabelle 2 ist der Normalsauerstoffverbrauch der entsprechenden Gruppen in % der Mittelwerte angegeben. Bei neunjährigen Knaben liegt der normale Sauerstoffverbrauch um 13 % unter dem Mittelwert der Gruppe neun- bis fünfzehnjähriger Jungen, bei Dreizehnjährigen um 2 %, bei Fünfzehnjährigen um 21 % über diesen Mittelwerten. Diese große Streuung der Normalsauerstoffsverbrauchswerte bei Knaben von 9 bis 15 Jahren hat jedoch mehr theoretischen als praktische Bedeutung, wenn man bedenkt, daß schon bei der Sauerstoffverbrauchsbestimmung unter Grundumsatzbedingungen mit Schwankungsbreiten von - 10 bis + 20 % (Grundumsatzstreuung) gerechnet werden muß. Es kommt hinzu, daß die Kinder hier nicht unter Grundumsatzbedingungen untersucht wurden, also noch ungenauere Ergebnisse zu erwarten gewesen wären.

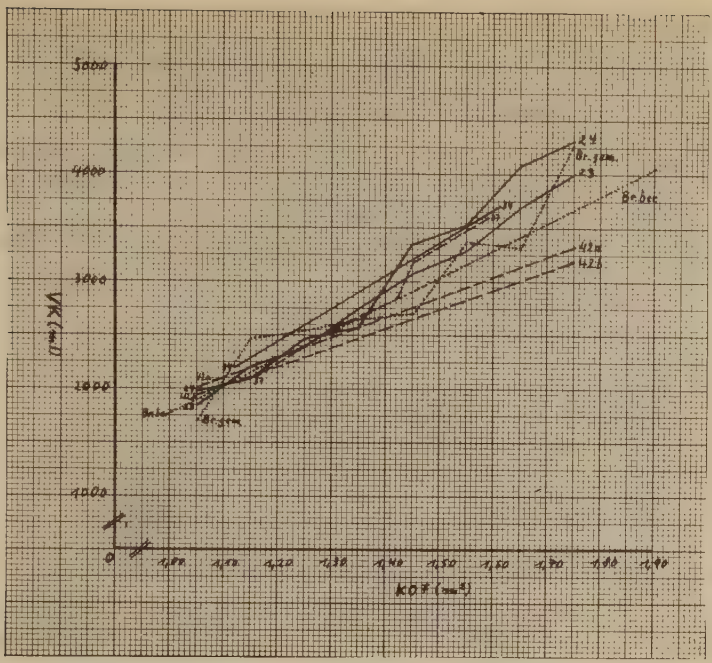
Auch in der Literatur findet sich keine sichere Beziehung zwischen

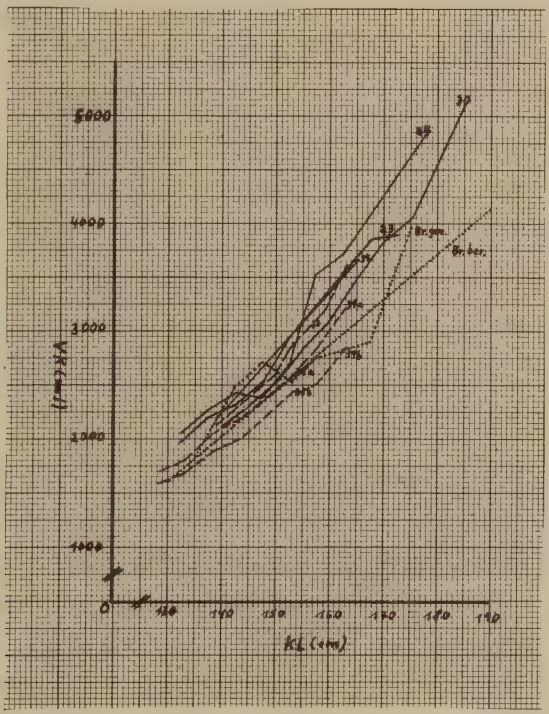
Atemminut.. volumen und Körpermaßen. So gibt Robinson (39) eine geringe Ste.gerung des AMV mit zunehmendem Alter (10,5 Jhr.: 7,09 L/Min. ; 14,1 Jhr.: 7,27 L/Min) an, aber bei sehr großer Streuungsbreite (Seine Mittelwerte stimmen mit dem hier ermittelten von 6,9 L/Min gut überein). Turner und McLean (48) sowie Püschel (38) lehnen eine Beziehung zwischen Atemminutenvolumen und Körpermaßen sogar ganz ab.

b/ Gegenüber den hier besprochenen biologischen Ursachen für eine fehlende Korrelation zwischen Atemfrequenz, Atemhubvolumen und Atemminutenvolumen einerseits sowie Körperoberfläche und Körperlänge andererseits treten methodische Bestimmungsfehler, wenn man von den Schwierigkeiten der Grundumsatzbestimmung absieht, in den Hintergrund. Als größter methodischer Fehler wäre eine Hyperventilation aus untersuchungsbedingten Gründen (Mundstückatmung, Nasenklemme, Labor-Umgebung) zu erwarten. Eine Hyperventilation kann direkt nur nachgewiesen oder ausgeschlossen werden durch die Bestimmung des arteriellen Kohlensäuredruckes, die hier nicht durchgeführt wurde. Daß Hyperventilation als systematischer Fehler bei der Bestimmung des Atemminutenvolumens ausgeschlossen werden kann, ergibt sich jedoch aus den Mittelwerten für das hier gemessene Atemhubvolumen, das niedriger liegt als die in der Literatur angegebenen Werte, ferner daraus, daß der mittlere arterielle Sauerstoffdruck den in der Literatur angegebenen Werten entspricht.

2. Vitalkapazität.

An spirometrischen Messungen sind bei Kindern und Jugendlichen über die Vitalkapazität die meisten Messungen veröffentlicht worden. Es liegt daher genügend Material zum Vergleich mit den eigenen Untersuchungsergebnissen vor.





Abbildungen 22 und 23
Legende und Erläuterungen siehe Seite 38

Legende und Erläuterungen zu den
Abbildungen 22 und 23, Seite 37.

Vergleich der auf die KOF (Abb.22) bzw.KL (Abb.23) bezogenen VK - Werte verschiedener Autoren mit den eigenen Ergebnissen.

Erläuterungen :

Die an den einzelnen Kurven der Übersichtlichkeit halber eingetragenen Zahlen bezeichnen die folgenden Autoren :

23 : Ferris und Smith (20).
24 : Ferris, Whittenberger und Gallagher (21).
30 : Morse, Schlutz und Cassels (36).
34 :Robinson (39).
37 : Schlesinger (43).
38a : Stewart (46), Kurve für Knaben.
38b : Stewart (46), Kurve für Mädchen.
39a : Stewart und Sheets (45), Kurve für Knaben.
39b : Stewart und Sheets (45), Kurve für Mädchen.
42a : Wilson und Edwards (50), Kurve für Knaben.
42b : Wilson und Edwards (50), Kurve für Mädchen.

"Br.gem." : Kurve der hier gemessenen Werte (Bryde).
"Br.ber." : Kurve der hier berechneten Sollwerte (Bryde).

In den Abbildungen 22 und 23 ist die vergleichende Darstellung der eigenen Ergebnisse mit den Befunden solcher Autoren durchgeführt, die Kinder gleicher Altersgruppen untersucht und die entsprechenden Körpermaße angegeben haben. Man sieht, daß zwischen den eigenen und den Meßergebnissen anderer Autoren eine gute Übereinstimmung besteht. Unter Berücksichtigung der biologischen Streubreite und methodischer Unterschiede, zum Beispiel daß die Meßergebnisse sowohl unter BTPS- als auch unter ATPS-Bedingungen angegeben sind, ist eine genauere Übereinstimmung der Kurven wohl nicht zu erwarten. Wesentlich erscheint die Übereinstimmung der eigenen Ergebnisse mit denen von Stewarts (46), weil dieser das größte Material untersucht hat.

Auch die auf Grund der eigenen Untersuchungen mittels der Regressionsgleichung errechnete Sollwert - Vitalkapazität (Die Kurven "Br.ber." entsprechen der jeweiligen Y-Regressionsgeraden) stimmt mit den Meßergebnissen der anderen Autoren gut überein. Andererseits ergibt sich zu den von Wilson und Edwards (50) berechneten Sollwerten eine Differenz und zwar vermutlich deshalb, weil

a/ ihre Ergebnisse unter ATPS - Bedingungen, die eigenen dagegen unter BTPS - Bedingungen (was eine durchschnittliche Erhöhung um etwa 10 % bedingt) angegeben sind,

b/ die hier dargestellte Kurve von Wilson und Edwards (50) nur ein Ausschnitt ist; ihre Gleichung wurde aber für 6 bis 16jährige Kinder aufgestellt. Da nun die Vitalkapazität bei kleinen Kindern relativ größer ist als bei älteren, muß die Kurve der beiden Autoren im Anfang höher, bei größerer KOF niedriger liegen als die von uns ermittelte (23,24,21,43).

Die Anwendung der Korrelationsrechnung auf die Beziehung zwischen spirometrischen Daten und Körpermaßen ist bisher kaum und erst in jüngster Zeit für die Vitalkapazität und den Atemgrenzwert (Siehe weiter unten) erfolgt. So haben Turner und McLean (50) (In Abb. 24 mit "40" bezeichnet) für die Vitalkapazität bei jüngeren Kindern die Gleichung

$$Y = -2{,}41 + 0{,}034lx$$

(Y = VK in L) gefunden. Die daraus konstruierte Regressionsgerade ist in Abbildung 24 zusammen mit der aus unserer Regressionsgleichung (Siehe Seite 18) gezeichneten Regressionsgeraden vergleichsweise dargestellt (Abb. 24 siehe Seite 40). Berücksichtigt man, daß Turner und McLean (50) jüngere Kinder (50 im Alter von 5 bis 14 Jahren, davon 30 männliche) untersucht haben und daß die Vitalkapazität bei kleineren Kindern relativ größer ist als bei älteren (21,23,24,43), so stimmen unsere Ergebnisse mit denen von Turner und McLean (50) gut überein. Die Übereinstimmung unserer Regressionsgeraden mit den Kurven aus den gemessenen VK - Werten verschiedener anderer Autoren wurde bereits oben besprochen (Siehe auch Abbildungen 22 und 23).

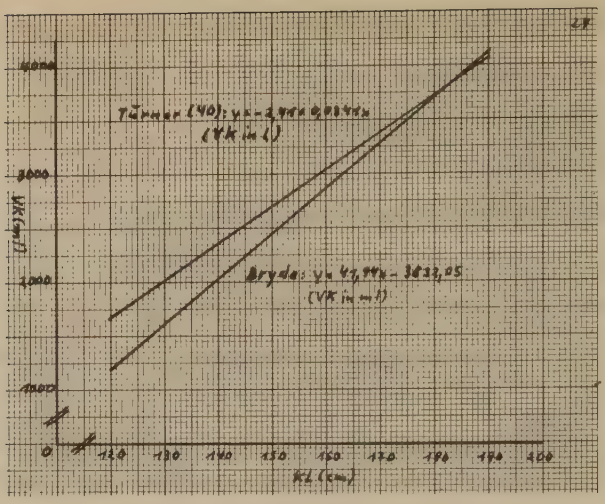


Abbildung 24

Regressionsgeraden der Korrelation VK : KL nach Turner und McLean (50) und Bryde.

Ein Vergleich mit den Regressionsgeraden von Engström, Karlberg und Kraepelien (19) ist nicht möglich, da hier die Ergebnisse logarithmisch dargestellt sind, ein Verfahren, das unseres Erachtens den biologischen Gegebenheiten nicht näher kommt. Es wird deshalb auch von Morse e.a. (36) abgelehnt.

Stewart (46) hat zur Berechnung von Sollwerten der Vitalkapazität die Gleichung

$$Y = ax \pm b$$

(Y : VK ; a : bekannte Variable, Z.B. KOF ; b und x : Konstanten) angegeben. Da keine Zahlenwerte insbesondere für die Konstanten mitgeteilt sind, ist eine vergleichende Berechnung nicht möglich.

3. Absoluter und relativer Tiffeneauwert.

Mit dem Tiffeneauwert (47) oder der Sekundenkapazität wird derjenige Teil der Vitalkapazität bestimmt, der bei forcierter Exspiration in der ersten Sekunde ausgeatmet werden kann. Zum Unterschied von der Vitalkapazität, die sich aus einer einfachen Volumenbestimmung ergibt, wird hier eine Leistungsgröße gemessen. Dies kommt auch in der Bezeichnung "nutzbarer Anteil der Vitalkapazität" (27) zum Ausdruck.

Änderungen des absoluten und relativen Tiffeneauwertes gegenüber dem Sollwert erlauben Rückschlüsse auf das Vorliegen obstruktiver und restriktiver Ventilationsstörungen.

Während heute bei Lungenfunktionsprüfungen an Erwachsenen die Bestimmung der Sekundenkapazität als selbstverständlich gilt, ist diese Größe bei Kindern unseres Wissens bisher noch nicht gemessen worden.

Die Bestimmung des relativen Tiffeneauwertes (das ist der prozentuale Anteil des Tiffeneauwertes an der Vitalkapazität) an 34 Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren ergab im Mittel einen Wert von 77,7 % der VK (mittlerer Fehler der Einzelmessung : $s_x = \pm 13{,}4$. Mittlerer Fehler des Mittelwertes : $s_{\bar{x}} = \pm 2{,}3$. Streuungsbreite 44 bis 99 %). Da für den relativen Tiffeneauwert von Erwachsenen ein Sollwert von 70 bis 75 % der VK gefordert wird (6), darf für den hier berechneten Mittelwert von 77,7 0/0 der VK der Kinder angenommen werden, daß er richtig bestimmt wurde. Methodisch ist die Messung des Tiffeneauwertes bei Kindern demnach möglich, wenngleich die beträchtliche Streubreite auf Schwierigkeiten der Messung in einzelnen Fällen (Siehe Tabelle 1) hinweist. Diese Schwierigkeiten bestehen jedoch auch bei ungeübten Erwachsenen.

Eine Korrelation zwischen relativem Tiffeneauwert und Körpermaßen ist nicht zu erwarten (s.o.).

Zwischen dem absoluten Tiffeneauwert und der Körperlänge fand sich keine Korrelation. Es ergab sich nämlich bei der tabellarischen Aufstellung der Meßergebnisse geordnet nach der Körperlänge, daß eine Häufung der Einzelmessungen in wenigen aufeinanderfolgenden Gruppen auftrat, so daß damit der Nachweis einer linearen Beziehung des absoluten Tiffeneauwertes zur Körperlänge mit dem hier bearbeiteten Material nicht möglich war (Vergleiche Abbildung 11 im Abschnitt "Statistik").

Dagegen ließ sich zwischen dem absoluten Tiffeneauwert und der Körperoberfläche eine statistisch gesicherte Korrelation nachweisen. Offenbar führte die Berücksichtigung des Körpergewichtes, die in die Bestimmung der KOF eingeht, zu einer besseren Streuung der Einzelwerte.

Vergleiche der gemessenen Werte und der Sollwertberechnung mit Angaben anderer Autoren sind nicht möglich, da sich entsprechende Literaturangaben nicht finden ließen.

4. Der Atemgrenzwert.

Unter dem Atemgrenzwert versteht man die willkürlich maximal pro Minute ventilierbare Luftmenge in Litern (25,29). Auch der Atemgrenzwert ist also eine Leistungsgröße, deren Bestimmung der Mitarbeit des Untersuchten Bedarf. Ebenso wie aus Änderungen des absoluten und relativen Tiffeneauwertes kann aus Änderungen des AGW gegenüber dem Sollwert auf das Vorliegen restriktiver bzw. obstruktiver Ventilationsstörungen geschlossen werden.

Darüber hinaus erlaubt aber die Bestimmung des AGW eine Beurteilung der Ventilationsleistung, die unter Arbeit erreicht werden kann. Diese beträgt etwa 2/3 des bei willkürlicher Hyperventilation erreichten Wertes.

KL (cm)	Ferris und Smith (20),Mädchen (L)	s	n	Ferris e.a. (21),Knaben (L)	s	n	Turner und McLean (50) (L)	s	Eigene Meß= ergebnisse. (L)	s	n
132,5	62,1	(±11,3)	19	69	(±18)	5	63,2	(±16,2)			
137,5	72,0	(±13,2)	30	68	(±19)	9	67,0	(±16,2)	45,7	(±10,4)	4
142,5	73,7	(±18,4)	19	79	(± 8)	9	70,9	(±16,2)	55,7	(±18,7)	7
147,5	77,9	(±20,9)	12	82	(±12)	9	74,8	(±16,2)	56,4	(± 7,3)	6
152,5	89,8	(±21,8)	23	86	(±19)	5	78,6	(±16,2)	62,9	(±10,4)	6
157,5	94,7	(±26,4)	38	102	(±15)	12	82,5	(±16,2)	51,4	(±12,5)	3
162,5	102,7	(±28,4)	18	115	(±27)	13	86,3	(±16,2)	61,6	(±20,8)	3
167,5	107,3	-----	17	113	(±24)	30	90,2	(±16,2)	62,4	(±25,4)	3
172,5	124,3	(±14,6)	6	127	(±26)	29	94,0	(±16,2)			
177,5	---	---	--	129	(±11)	16	97,9	(±16,2)	78,7	(±23,9)	5

Tabelle 3

Vergleich zwischen den eigenen und den Atemgrenzwerten anderer Autoren, bezogen auf die Körperlänge.
Die Werte von Turner und McLean sind errechnet (s.u.).
s = Streuungsbreite. n = Zahl der Einzelmessungen.

KOF (m^2)	Ferris und Smith (20), Mädchen (L)	s	n	Ferris e.a. (21), Knaben (L)	s	n	Eigene Meßer= gebnisse. (L)	s	n
1,05	65,3	(±12,4)	25	65	(±15)	9	41,0	(± 5,8)	3
1,15	69,8	(±11,8)	30	70	(±19)	9	65,4	(±14,5)	5
1,25	75,7	(±13,1)	22	79	(±12)	10	53,5	(±13,4)	9
1,35	81,2	(±18,9)	22	84	(±11)	10	59,2	(± 7,3)	5
1,45	90,8	(±22,0)	24	93	(± 7)	11	54,3	(±10,5)	6
1,55	93,0	(±25,1)	32	108	(±28)	12	69,0	(±40,5)	3
1,65	106,6	(±26,5)	24	110	(±20)	22	73,6	(±20,8)	4
1,75	120,6	(±17,7)	9	130	(±23)	36	76,6	---	2

Tabelle 3 a

Vergleich zwischen den eigenen und den Atemgrenzwerten anderer Autoren, bezogen auf die Körperoberfläche.
s = Streuungsbreite. n = Zahl der Einzelmessungen.

Tabelle 3 und 3a ermöglichen Vergleiche zwischen den hier gemessenen Werten,den gemessenen Werten von Ferris und Smith (20 7 und Ferris e.a. (21) sowie den berechneten Werten von Turner und McLean (48). Man sieht, daß die eigenen Werte niedriger liegen. Selbst bei der kleineren Zahl der eigenen Einzelmessungen entspricht die durchschnittliche Streuungsbreite aber der von Ferris e.a. (20,21).

Daß die hier ermittelten Atemgrenzwerte niedriger liegen als bei den angeführten Autoren, kann folgende Ursachen haben :

a/ Ferris e.a. (20,21) haben im Sitzen, Turner und McLean (48) im Stehen, wir dagegen im Liegen gemessen. Im Sitzen und Stehen ist der AGW aber größer als im Liegen.

b/ Bei den hier untersuchten Kindern wurde möglicherweise nicht die optimale Atemfrequenz gewählt. Bei Erwachsenen gelten Frequenzen von 60 bis 70 / Min. für die Bestimmung des AGW als optimal (6). Doch ist nicht sicher, ob dies auch für Kinder zutrifft. Bei den hier untersuchten Kindern wurde eine Frequenz von 50 bis 60 / Min. eingehalten. Ferris e.a. (20,21) lassen ihre Kinder die Frequenz frei wählen, Turner und Smith (48) geben keine Frequenz an, so daß ein Vergleich nicht möglich ist.

c/ Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die AGW besonders in den größeren Körperklassen bei Ferris e.a. (20,21) weit in den Erwachsenenbereich hineinragen.

Zwischen Atemgrenzwert und Körperlänge fand sich eine statistisch gesicherte Korrelation. Turner und McLean (48) haben ebenfalls die Korrelation zwischen Atemgrenzwert und Körperlänge untersucht. Den Vergleich zwischen ihren und den eigenen Ergebnissen zeigt Abbildung 25 (Siehe folgende Seite).

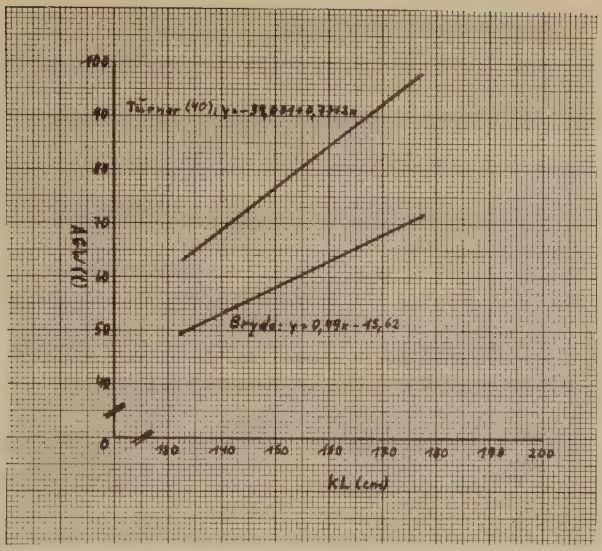


Abbildung 25

Regressionsgeraden der Korrelation AGW / KL vergleichend nach Turner und McLean (50) und eigenen Berechnungen (Siehe Seite 24).

Die Regressionsgeraden stimmen nicht genau überein. Die Gründe liegen a/ in der großen physiologischen Streuungsbreite des AGW (Bei Turner und McLean ± 8,077, bei den eigenen Werten ± 7,810), b/ in der Tatsache, daß Turner und McLean (48) im Stehen, wir dagegen im Liegen untersucht haben, wie schon oben erwähnt.

Damit ist die höhere Lage der Regressionsgeraden nach Turner und McLean erklärt. Die Zunahme des AGW bezogen auf die KL dagegen stimmt gut überein, wie aus dem annnähernd parallelen Verlauf beider Kurven in Abbildung 25 zu erkennen ist.

5. Das Residualvolumen .

Das Residualvolumen ist die nach maximaler Exspiration im Atemtrakt verbleibende Luftmenge. Anderungen des Residualvolumens gegenüber den Sollwerten sind ein Hinweis auf obstruktive Veränderungen der Lunge insbesondere in Verbindung mit einer Normabweichung des absoluten Tiffeneauwertes (7).

Zwischen Residualvolumen und Körperoberfläche fand sich nur eine schwache Korrelation (99,85 %). Das ist auf die Häufung der Werte in wenigen dicht zusammenliegenden Gruppen und auf die große Streuungsbreite (261 bis 2083 ml) sowie auf die zum Teil zu geringe Anzahl von Einzelmessungen in den einzelnen Körperklassen zurückzuführen.

Für das Verhältnis von Residualvolumen zu Körperlänge gilt sinngemäß dasselbe. Es ergab sich nur eine Wahrscheinlichkeit von 98 % für eine lineare Beziehung zwischen diesen beiden Größen.

Absolute Zahlenangaben für das Residualvolumen bei Kindern lassen sich nur bei Robinson (39 und Morse, Schlutz und Cassels (36) finden. Beide Autoren beziehen das RV dabei auf die Körperlänge. Im folgenden sollen ihre Werte mit den aus der hier (Siehe Seite 26) ermittelten Regressionsgleichung berechneten Werten verglichen werden :

Robinson (39) : 0,57 L (KL 138,9 cm), 0,95 L (KL 165,3 cm).

Morse e.a. (36) : 599 ml (KL 140 cm), 880 ml (KL 165 cm).

Eigene berechnete Werte : 536 ml (KL 140 cm), 1058 ml (KL 165 cm).

Eine genauere Übereinstimmung der verschiedenen Werte war von vorneherein nicht zu erwarten, da die Streuung sehr breit ist, Robinsons (39) Werte auf Durchschnittskörpermaße, die aus nicht angegebenen Einzelgruppen ermittelt sind, bezogen sind und die eigenen Werte mit einer Regressionsgleichung errechnet wurden, deren Signifikanz statistisch nicht genügend gesichert werden konnte.

6. Die Totalkapazität.

Zwischen Totalkapazität und Körperoberfläche bzw. Körperlänge fand sich eine statistisch gesicherte Korrelation (Siehe "Statistik"). Die Totalkapazität wurde aus der Vitalkapazität und dem Residualvolumen berechnet. Sie ergibt sich als Summe der beiden entsprechenden Werte. Obwohl die Korrelation zwischen Residualvolumen und Körpermaßen statistisch nicht ausreichend gesichert wurde, spielte dieser Mangel bei der Berechnung der Totalkapazität nur eine nicht ins Gewicht fallende Rolle, da einerseits das Residualvolumen im Verhältnis zur Vitalkapazität ein kleiner Summand ist, andererseits die physiologische Streuungsbreite der Totalkapazität verhältnismäßig groß ist. Es ist daher anzunehmen, daß die Oben erwähnte Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Residualvolumens, die in die Berechnung der Totalkapazität eingeht, zwar zu einer gewissen Erweiterung der Streubreite bei den Einzelwerten der Totalkapazität, dagegen nicht zu einer Änderung des Mittelwertes und damit der Korrelation zwischen Totalkapazität und Körpermaßen führte.

Die Totalkapazität bei Kindern haben ebenfalls Morse e.a. (36) und Robinson (39) unter Bezugnahme auf die Körperlänge untersucht. Im Vergleich mit den eigenen berechneten Werten fanden sie folgende Zahlen :

Morse e.a. (36) : 2738 ml (KL 140 cm), 4396 ml (KL 165 cm).

Robinson (39) : 2780 ml (KL 139 cm), 4670 ml (KL 165 cm).

Eigene berechnete Werte : 2863 ml (KL 140 cm), 4569 ml (KL 165 cm).

Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der hier berechneten Soll-Werte mit den Meßergebnissen der zitierten Autoren bei der Totalkapazität.

7. Der Verhältniswert

Residualvolumen / Totalkapazität.

Der prozentuale Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität (= Verhältniswert RV/TK) ist für die Bewertung pathologischer Verhältnisse bei der Atmung von Bedeutung (6,19). Die folgende Tabelle zeigt, daß sich mit zunehmendem Alter der prozentuale Anteil des Residualvolumens an der Totalkapazität erhöht.

15 bis 25 Jahre	: RV 19,3 % der TK
25 bis 35 Jahre	: RV 20,8 % der TK
35 bis 45 Jahre	: RV 23,5 % der TK
45 bis 55 Jahre	: RV 25,5 % der TK
55 bis 65 Jahre	: RV 30,8 % der TK

Zunahme des prozentualen Anteiles des Residualvolumens an der Totalkapazität mit zunehmendem Alter. (Nach N.L.Kaltreider e.a.: J. industr.Hyg. 19,163(1937))(Zit.nach 6)

Die Untersuchungen von Kaltreider e.a. beginnen mit dem 15.Lebensjahr. Die eigenen Untersuchungen haben einen Mittelwert des Verhältniswertes RV/TK von

21,5 % ± 2,8 (Streuung 10,0 bis 34,3,Alter 10 - 15)

ergeben. Andere Autoren fanden :

Engström e.a.(19): 21,7 % ± 2,95 (Alter 6 bis 14 Jahre)

Morse e.a.(36) : 19,0 % (Alter 11 bis 16 Jahre)

Robinson (39) : 20,4 % (Streuung 17 bis 27.Durchschnittsalter 10,5 und 14,1 Jahre).

Man sieht, daß die Werte gut übereinstimmen mit Ausnahme des Mittelwertes von Morse e.a. und der ersten beiden Werte von Kaltreider. Das ist bei der großen Streubreite infolge der Schwierigkeit bei der Untersuchung und der vergleichsweise nur geringen altersabhängigen Veränderung des Wertes nicht anders zu erwarten.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß im Alter von 10 bis 35 Jahren der Verhältniswert RV/TK praktisch konstant zu sein scheint; erst im

darauf folgenden Lebensalter steigt er signifikant an (Vergleiche die vorangehende Tabelle nach Kaltreider e.a.). Daraus ergibt sich, daß die Korrelation zwischen dem Verhältniswert RV/TK und der KOF beziehungsweise der KL in der hier untersuchten Altersgruppe nicht zu erwarten ist. Darüber hinaus ist festzustellen, daß - unter Berücksichtigung der Ungenauigkeit der Untersuchungsmethode - der Verhältniswert RV/TK bei Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren dem bei Jugendlichen und Erwachsenen bis zu einem Alter von 35 Jahren entspricht.

C. Besprechung des arteriellen Sauerstoffdruckes.

Bei der Messung des arteriellen Sauerstoffdruckes im Blut fand sich ein Mittelwert von 92,5 mm Hg $\pm$ 11,4 mm Hg (bzw.12,3 % Abweichung vom Mittelwert). Dieses Ergebnis stimmt gut überein mit dem von

Bartels e.a. (6) : 93,0 mm Hg,

Bartels und Laue (8) : 92,95 mm Hg und

Bartels u.Rodewald(9) : 92,95 mm Hg;

Offenbar unterscheidet sich der arterielle Sauerstoffdruck bei Kindern nicht von dem bei Erwachsenen. Die höhere Standardabweichung, die der hier bestimmte Mittelwert aufweist (11,4 gegenüber 5,6 bzw. 5,71 bei Bartels e.a. (6,8,9)), ist unseres Erachtens dadurch bedingt, daß Kinder bei der Arterienpunktion teilweise nicht normal atmen (Hyper- oder Hypoventilation), woraus eine Veränderung des alveolaren und damit des arteriellen Sauerstoffdruckes resultiert.

VI. Zusammenfassung.

An 39 Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren wurde spirometrische Messungen zur Bestimmung folgender Größen durchgeführt :

Atemfrequenz,
Atemhubvolumen,
Vitalkapazität,
absoluter Tiffeneauwert,
Atemgrenzwert,
Residualvolumen.

Aus den Meßergebnissen wurden berechnet :

Atemminutenvolumen,
relativer Tiffeneauwert,
Totalkapazität,
prozentualer Anteil des Residualvolumens
an der Totalkapazität.

Die gemessenen bzw. berechneten Werte wurden zur Körperoberfläche bzw. Körperlänge in Beziehung gesetzt. Dabei ließ sich eine statistisch gesicherte Korrelation nachweisen zwischen :

Vitalkapazität und Körperoberfläche,
Vitalkapazität und Körperlänge,
absolutem Tiffeneauwert und Körperoberfläche,
Atemgrenzwert und Körperlänge,
Totalkapazität und Körperoberfläche,
Totalkapazität und Körperlänge.

Die Korrelation zwischen Atemgrenzwert bzw. Residualvolumen und Körperoberfläche war statistisch schwach gesichert.

Keine Korrelation bestand zwischen Atemfrequenz, Atemhubvolumen, Atemminutenvolumen, relativem Tiffeneauwert bzw. dem Verhältnis=

wert Residualvolumen / Totalkapazität und den Körpermaßen, zwischen dem absoluten Tiffeneauwert und der Körperlänge sowie dem Residualvolumen und der Körperlänge.

Die eigenen Ergebnisse wurden mit den Messwerten anderer Autoren und - soweit diese vorliegen - auch Regressionsgleichungen verglichen. Die Ursachen für schwache oder fehlende Korrelation wurden besprochen.

Es ergibt sich, daß Sollwertberechnungen für Kinder im Alter von 10 bis 15 Jahren für die folgenden Größen mit den angeführten Formeln möglich sind :

Vitalkapazität : $Y = 2532x - 765$. $x = KOF\ (m^2)$.

$Y = 42x - 3832$. $x = KL\ (cm)$.

Absoluter Tiffeneauwert :

$Y = 1562x - 11$. $x = KOF\ (m^2)$.

Atemgrenzwert : $Y = 0{,}5x + 16$. $x = KL\ (cm)$.

Totalkapazität : $Y = 4475x - 2414$. $x = KOF\ (m^2)$.

$Y = 68x - 6689$. $x = KL\ (cm)$.

Außerdem wurde der arterielle Sauerstoffdruck bei 24 Kindern im Alter von 10 bis 15 Jahren untersucht und mit den Ergebnissen anderer Autoren bei Erwachsenen verglichen. Offenbar besteht zwischen dem arteriellen Sauerstoffdruck bei Kindern und dem bei Erwachsenen kein Unterschied.

VII. A n h a n g .

1. Übersicht über die Bezeichnung der Atemgrößen.

Symbol	Name	Synonyma
P	Druck	
V	Volumen	
f	Atemfrequenz	AF
V_T	Atemhubvolumen	AV, Atemzug-, Atemvolumen
$\dot{V}_{vent\ E\ bzw.I}$	Atemzeitvolumen	AMV, Atemminutenvolumen
$V_{pulm.min.}$	Minim. Lungenvol.	RV, Residualvolumen
$V_{pulm.max.}$	Maxim. Lungenvol.	TK, Totalkapazität
$V_{T\ max.}$	Maxim. Atemvolumen	VK, Vitalkapazität
$\dot{V}_{vent.max.}$	Maxim. Ventilation	AGW, Atemgrenzwert
	Absol.Tiffeneauwert	Sekundenkapazität
	Relat.Tiffeneauwert	Sek.-Kapaz. mal VK / 100
$\dot{V}O_2$	Sauerstoffverbrauch	

Tabelle 4

Die Bezeichnung der Atemgrößen (1)

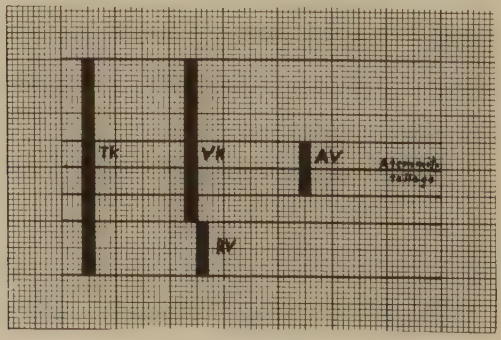


Abbildung 26

Schema zur Erklärung einiger spirometr. Größen

2. Messbedingungen.

ATPS : Umgebungstemperatur (ambient temperatur)
Umgebungsgasdruck (ambient pressure)
Wasserdampfsättigung (saturation).

BTPS : Körpertemperatur (body temperatur)
Körpergasdruck (body pressure)
Wasserdampfsättigung (saturation).

f : Faktor.

Alle hier mitgeteilten, unter ATPS - Bedingungen ermittelten atmungsphysiologischen Daten wurden, um vergleichbare Bedingungen zu erhalten, auf BTPS - Bedingungen umgerechnet mittels des Faktors f :

$$f_{BTPS} = \frac{\text{Barometerstand} - p(H_2O)}{\text{Barometerstand} - 47} \text{ mal } \frac{310}{\text{Absolute Temp.}}$$

$$BTPS = ATPS \text{ mal } f_{BTPS} .$$

VIII. L i t e r a t u r .

1. Abschließender Bericht der dtsch.Gesellschaft für innere Medizin zur Normung der Nomenklatur und der Symbole von Atmungsgrößen. Kongr.-Z.inn.Med.und Grenzgebiete, 192.1 (1956/7).

2. A n t h o n y, A.J. - Funktionsprüfung der Atmung. J.A.Barth, Leipzig 1937.

3. B a l d w i n, B.T. Breathing capacity according to height and age of American-born boys and girls of school age. (Philadelphia).Amer.J.Physical Anthropol. 12.257 (1928).

4. B a r t e l s, H. Die Messung des Sauerstoffdruckes im Blut und seine klinische Anwendbarkeit. Anaesthesist, 3.1 (1954).

5. B a r t e l s, H. Eine klinisch verwendbare Methode zur Untersuchung des Sauerstoffdruckes im Blut. Verh.dtsch.Ges.inn.Med.,57.Kongr.283 (1951).

6. B a r t e l s, H.,R.Beer,E.Fleischer und G.Rodewald : Methoden zur Untersuchung des Gasaustausches in der Lunge. Klin.Wschr. 33.969 (1955).

7. B a r t e l s, H.,E.Bücherl,C.W.Hertz,G.Rodewald und M.Schwab : Lungenfunktionsprüfungen.Methoden und Beispiele klinischer Anwendung, Springer,Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959.

8. B a r t e l s, H.und D.Laue : Die praktische Durchführung der potentiometrischen Messung des Sauerstoffdruckes im Vollblut. Pflügers Archiv 254.126 (1951).

9. B a r t e l s, H.und G.Rodewald : Der arterielle Sauerstoffdruck,die alveolar-arterielle Sauerstoffdruckdifferenz und weitere atmungsphysiologische Daten gesunder Männer. Pflügers Archiv 256.113(1952).

10. B o o t h b y, W.M.,J.Berkson and H.L.Dunn : Standard zur Bestimmung der Normalkalorien pro Quadratmeter Körperoberfläche.Amer.J.Physiol.116.468 (1936).

11. C h r i s t i e, R.V.: The lung volume and its subdivisions. I.Methods of measuring.J.Clin.Invest.11.1099(1932).

12. D i c k i n s o n, D.G.,J.L.Wilson and B.D.Graham : Studies in respiratory Insufficiency. Amer.J.Dis.Childr. 86.265 (1953).

13. Documenta Geigy. Basel,5.Aufl.1955. Statistik (27-44), Normalkörpermaße des Kindesalters (248-253).

14. D ö n h a r d t, F. Künstliche Dauerbeatmung. Springer,Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955.

15. D u b o i s und Dubois : Nomogramm zur Bestimmung der Körperoberfläche aus Größe und Gewicht. Arch.int.med. 15.868 (1915).

16. E c k s t e i n, A.und E.Ronninger : Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Atmung. Z.Kinderheilk.28.1(1921).

17. E d w a r d s, D.J.and M.G.Wilson : Analysis of some factors of variability in Vital-capacity-measurements in children. Arch.int.med.30.638 (1922).

18. Emerson, P.W. and Green,K.: Vital capacity of lungs of Children. Amer.J.Dis.Childr.22.202 (1921)

19. E n g s t r ö m, J.,P.Karlberg and S.Kraepelin : Respiratory Studies in children. I.Lung volumes in healthy children, 6-14 years of age. Acta pediatr.scand. (Stockholm) 46.277 (1956).

20. F e r r i s, B.G.jr.and C.W.Smith : Maximum breathing capacity and Vital capacity in female children and adolescents. Pediatr.12.341 (1953).

21. F e r r i s, B.G.jr.,J.L.Whittenberger and J.R.Gallagher : Maximum breathing capacity and Vital capacity of male children and adolescents. Pediatr. 9.659 (1952).

22. F i s h e r, R.A. Statistische Methoden für die Wissenschaft. Oliver and Boyd,Edinburgh-London,12.Aufl.1956.

23. G r e g o r, K. Entwicklung der Atemmechanik im Kindesalter. Anatom.Anz.22.119 (1903).

24. G r e g o r, K. Untersuchungen über die Atembewegungen des Kindes. Arch.Kinderheilk. 35 (1903).

25. Hermansen,J. Z.exp.Med. 90.130 (1933).

26. H o l m g r e n, A. Determination of the functional residual volume by means of the helium dilution methode. Scand.J.Clin.Labor.Invest.6.131 (1954).

27. K a p f e r e r, J.N.: Thoraxchirurgie 1.547 (1954).

28. K h å r i n a - M a r i n u c c i, R.: Capacità respiratoria e statura seduta. La Pediatria.32/II.832 (1924).

29. K n i p p i n g, H.W.,W.Lewis und A.Moncrieff : Beitr.Klin.Tuberk. 79.1 (1932).

30. L a u e, D. Ein neues Tonometer zur raschen Aequilibrierung von Blut mit verschiedenen Gasen. Pflügers Archiv.254.142 (1951).

31. L e d e r e r, R.und H.Vogt : Untersuchungen zur Pathologie und Pharmakologie der Atmung im Kindesalter. Jhrb.Kinderheilk.75.1 (1912).

32. L i n d e r, A. Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Birkhäuser. Basel. 2.Aufl.1951.

33. M a c k e n r o t h, G.: Methoden der Statistik. Vandenhoeck und Ruprecht. Göttingen 1949.

34. M e n e e l y, G.R.and N.L.Kaltreider : The use of helium for the determination of pulmonary capacity. Proc. Soc.Experim.Biol.and Med. 46.266 (1941).

35. M e n e e l y, G.R.and N.L.Kaltreider : The volume of the lung determined by helium dilution. J.Clin. Invest. 28.129 (1949).

36. M o r s e, M.,F.W.Schlutz and D.E.Cassels : The lung volume and its subdivisions in normal boys 15-17 years of age. J.Clin.Invest. 31.380 (1952).

37. P ü s c h e l, E. Die Lungenvolumina gesunder Kinder. Mschr. Kinderheilk.63.450 (1935) und 65.105 (1936).

38. P ü s c h e l, E. Über die Spirometrie und ihre Ergebnisse im Kindesalter. Erg.inn.Med.und Kinderheilk. 61.768 (1942).

39. R o b i n s o n, S. Experimental Studies of physical fitness in relation to age.Arbeitsphysiol.10.251 (1938).

40. R o d e w a l d, G. Brauchbarkeit des Hämoxytensiometers und Anwendungsmöglichkeit der Sauerstoffdruckmessung in der Lungenchirurgie. Anaesthesist 3. 4 (1954).

41. R o s s i e r, P.H.,A.Bühlmann und K.Wiesinger : Physiologie und Pathophysiologie der Atmung. Springer. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.

42. S c a l o r i, G. La Capacità vitale polmonale nei suoi rapporti con la costutuzione morfologica. Endocrinol. 10.499 (1935).

43. S c h l e s i n g e r, E.: Die Entwicklung der Körperkraft bei der heranwachsenden Jugend. Ihre Vitalkapazität und Druckkraft. Z.Kinderheilk. 56.550 (1934).

44. S n e d e c o r, G.W.: Statistical Methods. Iowa State College Press Ams. Iowa. 5th edn. 1956/7/9.

45. S t e w a r t, C.A.and O.B.Sheets : The vital capacity of the lungs of children in health and disease. Amer.J.Dis.Childr. 24.83 (1922).

46. S t e w a r t, C.A.The vital capacity of the lungs of children in health and disease. Amer.J.Dis.Childr. 24.451 (1922).

47. T i f f e n e a u, R.und A.Pinelli : Paris méd. 37.624 (1947) (Zit.nach 6).

48. T u r n e r, J.A.and R.L.McLean : Spirometric measurements of lung function in healthy children. J.Pediatr. 7.360 (1951).

49. W e b e r, E. Grundriß der biologischen Statistik. G.Fischer. Jena. 2.Aufl.1956.

50. W i l s o n, M.G.and D.J.Edwards : Vital capacity of lungs and its relations to exercise-tolerance in children with heart-diseases. Amer.J.Dis.Childr. 22. 443 (1921).

51. W i n k l e r, W. Statistik. Quelle und Meyer. Leipzig 1925.

52. Zel t n e r, E. Die Entwicklung des Thorax von der Geburt bis zur Wachstumsvollendung und die Beziehung zur Rachitis. Jhrb.Kinderheilk. (Ergänzungsheft zu Bd.78.150) (1913).

L e b e n s l a u f .

Ich bin am 22.Juli 1932 in Hamburg geboren. Meine Eltern sind der Facharzt für innere Medizin Dr.Bernhard Bryde und Frau Margarete Bryde, geborene Ewald.

Ab 1938 besuchte ich die Volksschule, anschließend ein humanistisches Gymnasium. 1953 machte ich am Wilhelm-Gymnasium zu Hamburg das Abitur.

Anschließend studierte ich drei Semester Medizin in Hamburg und zwei weitere vorklinische Semester in Tübingen. Hier bestand ich die ärztliche Vorprüfung mit der Note befriedigend.

Ab November 1955 absolvierte ich sechs klinische Semester in Hamburg und bestand Ende 1958 das Staatsexamen mit der Note gut.

Im Dezember 1958 heiratete ich.

Als Medizinalpraktikant arbeitete ich 1 Jahr an der inneren Abteilung des Marienkrankenhauses zu Hamburg unter Professor Dr. med.J.Jacobi, 4 Monate in der Frauenklinik Finkenau in Hamburg unter Professor Dr.med. Dietel, 5 Monate an der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses Alten Eichen in Hamburg-Stellingen unter Chefarzt Dr.med.Röbbelen und 5 Monate an der neurologischen Klinik der städtischen Krankenanstalten Dortmund unter Professor Dr.med.H.Kalm.

Die Bestallung als Arzt habe ich im März 1961 erhalten.Ich bin seit dieser Zeit als Assistent an der neurologischen Klinik der städtischen Krankenanstalten Dortmund unter Professor Dr.med.H.Kalm tätig. Ich beabsichtige, mich zum Facharzt für Neurologie und Psychiatrie auszubilden.

Gerhard Bryde,
Dortmund-Brünninghausen,
Fritz-Kahl-Str.8

Mein besonderer Dank gilt Herrn Privatdozent Dr.med.G.Rodewald für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und für die Einführung in die spirometrischen Untersuchungsmethoden sowie Herrn Dr.med.H.Harms für die Beratung bei der statistischen Bearbeitung des Materials.

Fräulein R.Pfeiffer danke ich für die Hilfe bei der Bestimmung des arteriellen Sauerstoffdruckes im Blut mit dem Hämoxytensiometer.